



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR**

FACULTAD DE CIENCIAS

**DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA
ENSEÑANZA DEL TEMA RESPIRACIÓN CELULAR Y FERMENTACIÓN EN EDUCACIÓN
MEDIA SUPERIOR**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

(BIOLOGÍA)

P R E S E N T A:

BIÓL. CARLOS CORTÉS MARTÍNEZ

**DIRECTORA DE TESIS: M. EN D. MARÍA DEL ROSARIO LÓPEZ MENDOZA
FACULTAD DE CIENCIAS UNAM**

MÉXICO, D.F. NOVIEMBRE, 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/722/15

ASUNTO: Asignación de Jurado

DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ
DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

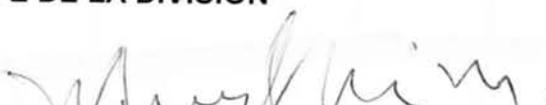
Comunico a usted que el Comité Académico del Programa ha asignado al(a) **BIÓL. CARLOS CORTÉS MARTÍNEZ**, el jurado para presentar Examen de Grado de **MAESTRO(A) EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (BIOLOGÍA)**.

PRESIDENTE	M. EN C.	ERÉNDIRA ÁLVAREZ PÉREZ
VOCAL	DRA.	REYNA ELENA CALDERÓN CANALES
SECRETARIO	M. EN D.	MARÍA DEL ROSARIO LÓPEZ MENDOZA
SUPLENTE	M. EN PSIC.	CONSUELO ARCE ORTIZ
	BIOL.	
SUPLENTE	M. EN D.	HILDA CLAUDIA MORALES CORTÉS

El trabajo aprobado como tesis es:

“Desarrollo y evaluación de una estrategia didáctica para la enseñanza del tema de Respiración celular y fermentación en Educación Media Superior”

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Cd. Universitaria, D. F., 23 de octubre del 2015
JEFE DE LA DIVISIÓN


DR. MANUEL JESÚS FALCONI MAGAÑA



MJFM/ASR/ipp

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT, por la beca otorgada desde agosto de 2013 hasta julio 2015.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por ser la casa de estudios que me ha brindado la oportunidad de desarrollarme de forma personal y profesional.

A LA ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Por el apoyo recibido durante el desarrollo de esta investigación

A LA TUTORA

M. en D. María del Rosario López Mendoza

Por todas sus enseñanzas, paciencia y confianza que me brindó durante todo el desarrollo del proyecto; por ser una inspiración profesional y personal en mi vida.

AL COMITÉ TUTORAL

Dra. Reyna Elena Calderón Canales

Por sus consejos y comentarios, así como el gran apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

Dra. Eréndira Álvarez Pérez

Por su dedicación, compromiso y confianza brindada. Agradezco todos sus comentarios y recomendaciones, que llevaré con agrado toda mi vida.

AL JURADO

M. en D. Hilda Claudia Morales Cortés

Por su honestidad, profesionalismo y compromiso. Siempre valoraré sus enseñanzas como profesora y como persona.

M. en PSIC. Consuelo Arce Ortiz

Por sus valiosos aportes en el desarrollo de esta investigación. Siempre recordaré con mucha alegría lo divertido y gratificante que fueron las revisiones de tesis y también sus clases.

También agradezco infinitamente a la profesora Alma Rosa Vargas Jerónimo y al profesor Marco Antonio Bautista Acevedo, por brindarme su valioso apoyo en el desarrollo de esta tesis.

A todos los profesores MADEMS por compartir sus conocimientos y brindarme las herramientas que fortalecerán mi desarrollo como profesional.

A mis compañeros MADEMS por la convivencia, amistad y experiencias compartidas.

A los estudiantes del CCH Plantel Oriente que participaron en esta investigación.

A mis entrañables amigos Emmanuel, Roger, Memo y Uriel; por apoyarme con el examen de ingreso a la maestría y obviamente por compartir conmigo más de 20 años de amistad.

DEDICATORIA

A mi mamá, a quien amo profundamente y admiro. La consecución de esta etapa en nuestras vidas no habría sido posible sin tu apoyo, amor y paciencia... Recuerda que vamos en un gran barco de vapor, hacia el país de la ilusión, y que orgullosa estarás tú.

A mi padre y hermana, por sus sabios y atinados consejos, así como por todo su apoyo recibido. Los quiero mucho.

A Brenda, por apoyarme, quererme y aguantarme durante todo este tiempo; por trabajar a mi lado, parte de este trabajo es tuyo (otra vez). Me siento muy orgulloso de ti y te amo mucho.

ÍNDICE

Lista de figuras, tablas, gráficas y fotografías	1
Resumen	3
Introducción	4
CAPÍTULO I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	8
CAPÍTULO II.- OBJETIVOS	10
2.1.- Objetivo general	10
2.2.- Objetivos particulares	10
CAPÍTULO III.- MARCO DE REFERENCIA INSTITUCIONAL	11
3.1.- Generalidades sobre la Educación Media Superior en México	11
3.2.- Importancia del aprendizaje de la Biología en algunas instituciones de EMS	12
3.3.- Modelo educativo del CCH	15
3.3.1.- Concepción de aprendizaje del CCH	16
3.3.2.- La enseñanza de la Biología en el CCH	17
3.3.2.1.- Enfoque disciplinario	18
3.3.2.2.- Enfoque didáctico	19
3.4.- La población estudiantil del CCH	19
CAPÍTULO IV.- FUNDAMENTOS PEDAGÓGICO-DIDÁCTICOS	22
4.1.- Teorías de aprendizaje	22
4.2.- Constructivismo	23
4.2.1.- Teoría de Piaget	24
4.2.2.- Teoría de Ausubel	26
4.2.3.- Teoría de Vigotsky	27
4.3.- Estrategias didácticas	28

4.3.1.- Actividades de inicio	29
4.3.1.1.- Enunciación de objetivos de clase	30
4.3.1.2.- Lluvia de ideas	30
4.3.1.3.- Organizadores previos	30
4.3.2.- Actividades de desarrollo	31
4.3.2.1.- Simulador computacional	31
4.3.2.2.- Mapas conceptuales	32
4.3.2.3.- Organización de imágenes y descripciones	32
4.3.2.4.- Generación de modelos	33
4.3.2.5.- Enseñanza y aprendizaje con videos	34
4.3.2.6.- Método de caso	35
4.3.3.- Actividades de cierre	37
4.3.3.1.- Resúmenes	37
4.4.- Estudios sobre la enseñanza de la respiración y la fermentación	37
4.5.- Aprendizajes generales esperados	40
4.6.- Propuestas de temas antecedentes y consecuentes de la respiración celular y fermentación	40
CAPÍTULO V.- FUNDAMENTOS DISCIPLINARES DE BIOLOGÍA	42
5.1.- ¿Qué es el metabolismo?	42
5.2.- ¿Cómo obtiene energía la célula?	42
5.2.1.- Respiración celular	44
5.2.2.- Fermentación	46
CAPÍTULO VI.- MÉTODOS	48
6.1.- Tipo de diseño experimental	48
6.2.- Antecedentes de la estrategia didáctica	49

6.3.- Estrategia didáctica: aplicación formal	50
6.4.- Descripción de la estrategia didáctica	52
6.4.1.- Sesión 1: Tipos de energía y su transformación	53
6.4.2.- Sesión 2: Glucólisis y ciclo de Krebs	54
6.4.3.- Sesión 3: Ciclo de Krebs y cadena transportadora de electrones	55
6.4.4.- Sesiones 4 y 5: Aplicación del conocimiento con un estudio de caso	56
6.4.5.- Sesión 6: Fermentación	57
6.5.- Instrumentos de evaluación y recopilación de datos	58
6.5.1.- Instrumentos de evaluación cuantitativa	58
6.5.2.- Instrumentos de evaluación cualitativa	61
6.5.3.- Instrumentos de recopilación de datos	61
6.6.- Análisis estadístico	62
6.6.1.- Prueba t con datos pareados	62
6.6.2.- Prueba t con datos no pareados (muestras independientes)	62
CAPÍTULO VII.- RESULTADOS	64
7.1.- Comparación de medias aritméticas del pretest	64
7.2.- Resultados del pre-test y post-test	65
7.3.- Resultados cualitativos de las actividades didácticas	84
7.3.1.- Mapas conceptuales y organización de imágenes	84
7.3.2.- Modelo de glucólisis e informe	85
7.3.3.- Cuadro comparativo	86
7.3.4.- Estudio de caso	87
7.4.- Recopilación de datos	92

CAPÍTULO VIII.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	96
8.1.- Interpretación de resultados obtenidos en el pretest	96
8.2.- Interpretación de resultados cuantitativos	96
8.3.- Interpretación de resultados cualitativos	97
8.3.1.- El concepto de energía, energía química y biomoléculas (macronutrientes)	98
8.3.2.- Glucólisis	100
8.3.3.- Ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones e intercambio gaseoso	105
8.3.4.- Aplicación del conocimiento: la respiración celular a través de un método de caso	108
8.3.5.- Fermentación	111
CAPÍTULO IX.- CONCLUSIONES	113
9.1.- Perspectivas	117
BIBLIOGRAFÍA	119
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	127
ANEXOS	119
Anexo 1: Estructura conceptual	129
Anexo 2: Generalidades de la estrategia didáctica (etapa piloto)	130
Anexo 3: Pre-test (prueba piloto)	135
Anexo 4: Post-test (prueba piloto)	138
Anexo 5: Pre-test y post-test (aplicación formal)	141
Anexo 6: Actividad de lectura y cuestionario (prueba piloto)	145
Anexo 7: Cuadro comparativo (prueba piloto y aplicación formal)	148
Anexo 8: Lectura y cuestionario (prueba piloto)	149
Anexo 9: Mapa conceptual sobre tipos de energía (prueba piloto)	151

Anexo 10: Rúbrica de resumen (prueba piloto)	152
Anexo 11: Rúbrica para el mapa conceptual (prueba piloto)	154
Anexo 12: Simulador tipos de energía (prueba piloto y aplicación formal)	156
Anexo 13: Simulador de alimentación y ejercicio (prueba piloto)	157
Anexo 14: Mapa conceptual (aplicación formal)	158
Anexo 15: Rúbrica para la entrega de informe (aplicación formal)	159
Anexo 16: Ejemplo de reporte de “modelo de glucólisis” (aplicación formal)	160
Anexo 17: Videos respiración celular (aplicación formal)	161
Anexo 18: Rúbricas (aplicación formal)	162
Anexo 19: Estudio de caso (aplicación formal)	165
Anexo 20: Cuestionario de opinión (aplicación formal)	177
Anexo 21: Instructivo electrónico para el modelo (aplicación formal)	179

LISTA DE FIGURAS, TABLAS, GRÁFICAS Y FOTOGRAFÍAS

FIGURAS

Figura 1. Resumen de glucólisis, respiración y fermentación. Tomado y modificado de Audesirk <i>et al.</i> , (2008)	44
Figura 2. Esquema general de la estrategia didáctica. Tomado y modificado de Morales (2008) y López (2007)	52
Figura 3. Construcción del mapa conceptual y organización de imágenes	84
Figura 4. Construcción del modelo material de glucólisis	85
Figura 5. Construcción del cuadro comparativo	86

TABLAS

Tabla 1. Etapas de la respiración celular. Tomado de Solomon <i>et al.</i> , (2005)	45
Tabla 2. Número de alumnos por grupo	51
Tabla 3. Preguntas del instrumento de evaluación cuantitativa	59
Tabla 4. Puntaje obtenido en el pre-test por grupo	64
Tabla 5. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 1 (pre-test vs. post-test)	66
Tabla 6. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 2 (pre-test vs. post-test)	67
Tabla 7. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 3 (pre-test vs. post-test)	68
Tabla 8. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 4 (pre-test vs. post-test)	69
Tabla 9. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 5 (pre-test vs. post-test)	70
Tabla 10. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 6 (pre-test vs. post-test)	71
Tabla 11. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 7 (pre-test vs. post-test)	72
Tabla 12. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 8 (pre-test vs. post-test)	73
Tabla 13. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 9 (pre-test vs. post-test)	74
Tabla 14. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 10 (pre-test vs. post-test)	75
Tabla 15. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 11 (pre-test vs. post-test)	76
Tabla 16. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 12 (pre-test vs. post-test)	77
Tabla 17. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 13 (pre-test vs. post-test)	78
Tabla 18. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 14 (pre-test vs. post-test)	79
Tabla 19. % de aciertos y pruebas estadísticas pregunta 15 (pre-test vs. post-test)	80
Tabla 20. Comparación entre todos los grupos en el momento post-test	82
Tabla 21. Comparación entre todos los grupos en el momento pre-test	83
Tabla 22. Etapa 1 del estudio de caso: la repentina enfermedad de Mauricio	87
Tabla 23. Etapa 2 de estudio de caso: análisis clínicos	88

Tabla 24. Etapa 3 del estudio de caso: una breve parte de la vida de Mauricio	89
Tabla 25. Etapa 6 del estudio de caso: interpretando la situación	90
Tabla 26. Cuestionario de autoevaluación del grupo experimental c	91
Tabla 27. Cuestionario de autoevaluación del grupo experimental d	91
Tabla 28. Respuestas del cuestionario de opinión del grupo experimental c	92
Tabla 29. Respuestas del cuestionario de opinión del grupo experimental d	93
Tabla 30. Bitácora simplificada de las sesiones	93
Tabla 31. Respuestas sobre la utilización de videos de los grupos experimentales	95
Tabla 32. Representación esquemática de los modelos de glucólisis	103
Tabla 33. Resumen de la estrategia didáctica (prueba piloto)	131
Tabla 35. Propuestas de mejora para eventualidades (prueba piloto)	133

GRÁFICAS

Gráfica 1. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 1	66
Gráfica 2. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 2	67
Gráfica 3. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 3	68
Gráfica 4. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 4	69
Gráfica 5. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 5	70
Gráfica 6. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 6	71
Gráfica 7. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 7	72
Gráfica 8. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 8	73
Gráfica 9. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 9	74
Gráfica 10. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 10	75
Gráfica 11. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 11	76
Gráfica 12. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 12	77
Gráfica 13. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 13	78
Gráfica 14. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 14	79
Gráfica 15. Medias de las respuestas esperadas en la pregunta 15	80
Gráfica 16. Comparativa entre grupos	81

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Explicación del modelo	102
Fotografía 2. Obtención de evidencias modelo	102

RESUMEN

La enseñanza y aprendizaje de conceptos relacionados con el metabolismo como son la respiración celular y la fermentación representan un reto difícil de superar tanto para docentes como alumnos, debido principalmente al alto nivel de abstracción que demanda el aprendizaje de los temas, las concepciones alternativas que tienen los alumnos, entre otras. En ese sentido, es imprescindible generar estrategias de enseñanza con un enfoque constructivista que conciba a los estudiantes en el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje, que permita promover la aplicación de los contenidos aprendidos en contextos útiles para los alumnos, así como fomentar el trabajo cooperativo en aras de un crecimiento personal y social.

En esta investigación se desarrolla una estrategia didáctica desde un enfoque constructivista, que busca favorecer el aprendizaje significativo de conceptos que explican la respiración celular y la fermentación desde una perspectiva científicamente adecuada, además de desarrollar habilidades procedimentales y actitudinales, como el trabajo cooperativo y el análisis crítico en la resolución de problemas. Los principales elementos que componen a la estrategia didáctica son: el uso de un simulador computacional, la elaboración de mapas conceptuales, la generación de un modelo material, la visualización animaciones de internet, la resolución de un estudio de caso, entre otros.

La presente tesis se realizó en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) Plantel Oriente (Educación Media Superior) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Participaron dos grupos, con 16 alumnos y 17 alumnos respectivamente, del turno vespertino, que cursaban la asignatura de Biología I; estos grupos se contrastaron con dos grupos testigo, los cuales no utilizaron la estrategia didáctica.

Los resultados mostraron que la aplicación de la estrategia didáctica favoreció el aprendizaje conceptual, reflejado en los instrumentos de evaluación cuantitativos, validados con pruebas estadísticas. Adicionalmente, se distinguió el desarrollo favorable de habilidades de pensamiento y procedimientos en los grupos a los que se les aplicó la estrategia, con base en la interpretación de evidencias de carácter cualitativo.

Con estos resultados, se puede concluir que el diseño y estructuración de la estrategia didáctica mejora significativamente el aprendizaje de la respiración celular y la fermentación.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una discutida problemática respecto a la apropiación de la cultura científica en los estudiantes de todos los grados educativos. Dicha problemática es multifactorial, ya que sus causas son nutridas por factores como: desinterés de los alumnos por lo que aprenden, preconcepciones alternativas (generalmente erradas), carencia de estrategias de enseñanza que permitan un aprendizaje más significativo; entre otros muchos factores de carácter didáctico, económico, institucional y social que desfavorecen el interés y la motivación de los estudiantes en su aprendizaje.

En ese tenor y ante los acelerados avances que experimenta la ciencia y la tecnología, resulta importante atender las nuevas necesidades que los estudiantes enfrentan en el aprendizaje de habilidades conceptuales, procedimentales y actitudinales; en una sociedad cada vez más cambiante.

Por lo cual, es imprescindible renovar las estrategias de enseñanza desde un marco constructivista que conciba a los estudiantes en el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje, y permitan promover la aplicación de los contenidos en la vida cotidiana, así como fomentar el trabajo cooperativo.

Este estudio surge en respuesta a la necesidad de generar nuevas estrategias que ayuden a resolver la problemática en la enseñanza de temas complejos como la respiración celular y la fermentación. En ese sentido, resulta importante que los estudiantes logren entender los procesos metabólicos que sustentan la vida, ya que su comprensión permite a los estudiantes generar una visión más clara en las interacciones entre materia y energía, y a su vez permite a los alumnos relacionar, con base en el metabolismo, la diversidad biológica presente en el planeta (Martínez *et al.*, 2014).

Los objetivos de esta investigación fueron diseñar, aplicar y evaluar una estrategia didáctica para la enseñanza de la respiración celular y la fermentación desde un marco constructivista, que conjuntara diversos recursos didácticos como: la generación de modelos (materiales), la utilización de recursos tecnológicos

(animaciones, simuladores, presentaciones), entre otros; que en conjunto, buscaron satisfacer el amplio espectro de estilos de aprendizaje que los alumnos presentan en el contexto escolar. En ese sentido, el diseño y aplicación de la estrategia didáctica generada en esta investigación, busca abordar los temas de respiración celular y fermentación de una forma más atractiva y diversa, promoviendo aprendizajes más significativos y contextualizados con la vida cotidiana. En esta línea, es evidente que en la actualidad estamos en contacto directo con conceptos relacionados con el metabolismo como respiración, obtención de energía, biomoléculas, entre otros; que generalmente son expuestos a través de medios de comunicación masivos como la televisión, la radio, el internet, los anuncios comerciales, etcétera; lo que generalmente conduce a la generación de concepciones alternativas distintas o alejadas de las científicas en los jóvenes (Charrier *et al.*, 2006). En consecuencia, resulta importante tener un manejo básico de estos conceptos, que permitan a los estudiantes ser actores activos e informados en la toma de decisiones individuales y sociales.

La estrategia didáctica se aplicó en dos grupos de tercer semestre (Biología I) en el CCH Plantel Oriente de la UNAM, en el turno vespertino en el semestre 2015-1, y se contrastaron con dos grupos testigo cuya revisión de los temas estuvo a cargo de sus correspondientes profesores titulares.

Este trabajo de investigación se compone de 9 capítulos. El primero corresponde al planteamiento del problema y la justificación; en él se establecen las principales problemáticas que se han detectado en diversas investigaciones acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la respiración y la fermentación. Adicionalmente, se justifica la importancia del aprendizaje de la respiración y la fermentación.

En el capítulo 2 se presenta el objetivo general y los objetivos particulares de esta investigación.

En el capítulo 3 se realiza una breve revisión sobre la Educación Media Superior, para posteriormente describir de manera sucinta el plan de estudios, el enfoque disciplinario y pedagógico, así como al modelo educativo que define y caracteriza al Colegio de Ciencias y Humanidades; a continuación, se realiza de forma general la caracterización de los estudiantes: su problemática, su contexto y se establece la concepción de adolescencia manejada en esta investigación. Finalmente, se realiza una breve descripción de los elementos didácticos y pedagógicos que el docente ejerce en su praxis educativa.

En el capítulo 4 se exponen algunas de las aportaciones que la Pedagogía y la Psicología educativa han abonado al constructivismo en el acto educativo. Posteriormente, se define el concepto de estrategia didáctica para poder describir los elementos que la componen. Ulteriormente se exponen algunas investigaciones que aportan valiosa información sobre la enseñanza y el aprendizaje de la respiración celular y la fermentación. Finalmente, se establecen los aprendizajes que se espera promover con la aplicación de la estrategia didáctica diseñada y aplicada en este trabajo de investigación, así como una propuesta de temas antecedentes y consecuentes de la respiración celular y la fermentación.

En el capítulo 5 se presentan los fundamentos científicos de la Biología utilizados en el diseño de la estrategia didáctica. De forma específica, se exponen los conceptos de metabolismo, respiración y fermentación; lo que brinda una mayor claridad y respaldo conceptual.

El capítulo 6 corresponde a los métodos utilizados en esta investigación; se detallan los instrumentos empleados en la evaluación de la estrategia didáctica, así como el tipo de investigación definido como cuasiexperimental y las pruebas estadísticas que validan los resultados obtenidos.

El capítulo 7 expone los resultados obtenidos en la aplicación de la estrategia didáctica en los grupos experimentales, así como los contrastes con los grupos control con base en las pruebas estadísticas t de Student. Adicionalmente, se muestran algunas evidencias cualitativas obtenidas de las actividades realizadas en el aula, que

junto con las rúbricas y la filmación en video de toda la aplicación, permiten realizar una interpretación del proceso de aprendizaje de los alumnos.

En el capítulo 8 se analizan y discuten los resultados obtenidos. Se retoman los principales conceptos revisados en cada sesión y se relacionan con los resultados cuantitativos y cualitativos, además de contrastarlos con resultados de otras investigaciones.

Finalmente en el capítulo 9 se exponen conclusiones, reflexiones, recomendaciones y perspectivas en relación a la investigación.

Posteriormente se presentan las referencias bibliográficas y las electrónicas utilizadas en el desarrollo de esta tesis. En el apartado de anexos se encuentran todos los elementos que componen a la estrategia didáctica, así como la estructura conceptual y los resultados obtenidos de la etapa de pilotaje de la estrategia didáctica.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La idea de poder enseñar ciencias teniendo sólo el conocimiento de la disciplina (Biología), condiciona al alumnado a comportarse como receptores pasivos de información, esta situación se ha tratado de superar en las últimas décadas con reformas curriculares e innovaciones pedagógicas, en las que se propone colocar a los estudiantes como los principales actores en el proceso educativo (Pantoja y Covarrubias, 2013); desafortunadamente muchos de los cursos y los programas de estudio se desarrollan con el fin de transmitir conocimientos que los estudiantes tienen que reproducir para obtener una calificación y que, eventualmente olvidarán con el tiempo.

Dentro de la enseñanza de las ciencias, la respiración celular y la fermentación representan tópicos muy complejos, puesto que para su comprensión se requiere el conocimiento detallado de un número importante de conceptos químicos, fisicoquímicos, bioquímicos y el desarrollo de habilidades para relacionarlos, lo que compromete su correcto aprendizaje (Tamayo, 2001). Aunado a la complejidad del tema, el abordaje de la respiración celular suele hacerse, en la mayoría de los casos únicamente con libros de texto. Se ha encontrado que muchos de éstos presentan escasas ilustraciones y, por otro lado, en general las actividades planteadas están orientadas a la repetición de conceptos (Ferreiro y Ocelli, 2008). Adicionalmente, se ha detectado que los estudiantes presentan dificultades para comprender temas cuyos contenidos son predominantemente abstractos como lo son la respiración celular y la fermentación.

Las observaciones de características morfológicas de los seres vivos son más accesibles a los sentidos y por lo tanto más fáciles de comprender, mientras que apelar a niveles microscópicos y moleculares para explicar cosas macroscópicas, representa una tarea más difícil, que se complica aún más cuando el estudiante tiene que recurrir a representaciones simbólicas para la medición e interpretación de valores (Bahar *et al.*, 2010).

Los estudiantes que cursan la Educación Media Superior frecuentemente tienen conceptos previos ambiguos o poco científicos sobre la respiración celular y la fermentación. En un estudio realizado en Argentina por Charrier *et al.* (2006) se mencionan algunos conceptos previos en estudiantes de bachillerato como: la respiración es sinónimo de intercambio gaseoso; la respiración se realiza en pulmones, branquias, hojas, etcétera; la respiración sólo ocurre en células del sistema respiratorio; el oxígeno es fuente de energía, entre otros. Asimismo, se ha encontrado que los alumnos presentan ideas previas alejadas del conocimiento científico sobre el proceso de fermentación, existiendo confusión principalmente en los productos de dicho proceso (Din Yan Yip, 2000).

La comprensión de la respiración celular y la fermentación, resulta esencial para el entendimiento de los procesos metabólicos que sustentan la vida. Este conocimiento promueve en los alumnos una perspectiva científica de temas relacionados con la vida cotidiana, sobre la diversidad biológica y su origen.

El mundo actual, cada vez está más influenciado por la ciencia y la tecnología (agricultura, salud, medio ambiente); por ello, es importante la formación de nuevos ciudadanos informados y capacitados para la participación activa en la sociedad moderna, lo que impulsará una toma de decisiones con una conciencia más informada.

CAPÍTULO II: OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Desarrollar y evaluar una estrategia didáctica desde un enfoque constructivista para la enseñanza y aprendizaje de la respiración celular y la fermentación.

2.2 Objetivos particulares:

- Diseñar una estrategia didáctica desde un enfoque evolucionista, articulada con elementos constructivistas y recursos tecnológicos.
- Aplicar la estrategia didáctica, articulando aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales.
- Evaluar la estrategia didáctica por medio del análisis de evidencias de aprendizaje cuantitativas y cualitativas.

CAPÍTULO III: MARCO DE REFERENCIA INSTITUCIONAL

3.1 Generalidades sobre la Educación Media Superior en México

La Educación Media Superior (EMS), también llamada bachillerato se ubica entre la Educación Secundaria y la Educación Superior. Este grado educativo atiende a una población que fluctúa generalmente entre los quince y dieciocho años (DGB, 2013). El objetivo principal de la EMS es capacitar a los jóvenes para acceder a la Educación Superior, o al mercado laboral, así como prepararlos formativamente para ejercer la ciudadanía y vivir en sociedad con horizontes éticos (INEE, 2013).

Actualmente existen en México diferentes modelos de la EMS, impartidos en instituciones públicas y privadas, que se organizan en tres grandes grupos: bachillerato general (propedéutico), bachillerato tecnológico y profesional técnico.

El principal antecedente de la Educación Media Superior en México es la fundación de la Escuela Nacional Preparatoria en el año de 1867; también, en ese mismo año se creó la Escuela Nacional de Artes y Oficios, en el que inició el Sistema de Educación Tecnológica, representado hoy en día por los Centros de Estudios Tecnológico Industrial y de Servicios (CETIS). Posteriormente, se consolidó la educación tecnológica con la creación de las Vocacionales¹ del Instituto Politécnico Nacional en 1937 y los Centros de Bachillerato Tecnológico, Agropecuario, Industrial y del Mar en 1932 (SEP, 2013).

En la década de 1970, las demandas económicas, políticas y hasta culturales del país se ajustaron para responder a una política neoliberal capitalista que sustenta una ideología eficientista y muy preocupada por la producción. En consecuencia, la política educativa respondió ampliando y diversificando los modelos existentes de EMS. Algunos de los surgimientos más representativos en la década de los setentas de escuelas de Educación Medio Superior fueron el Colegio de Ciencias y Humanidades

¹ Producto de la reforma educativa del año 1971 las Vocacionales cambiaron su estructura académica, administrativa y plan de estudios; convirtiéndose en Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT), como se le conoce actualmente.

en 1971, el Colegio de Bachilleres en 1973 y el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) en 1978 (SEP, 2013).

Uno de los factores que desencadenaron la fundación de estas instituciones educativas, fue la implementación de diversas reformas educativas que incrementaron los presupuestos de las universidades nacionales e institutos y centros de investigación.

3.2 Importancia del aprendizaje de la Biología en algunas instituciones de EMS

Recientemente en la Cámara de Diputados (LXII Legislatura) se aprobó de manera unánime una adición al artículo 2 de la Ley Orgánica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), con la finalidad de vincular la labor de los investigadores de México con el Sistema Educativo Nacional para fortalecer la formación de los educadores en ciencia y tecnología incluyendo al grado de bachillerato. Parte de la fundamentación del dictamen fue que el conocimiento científico en la población aumenta la productividad del país y contribuye al bienestar social (Cámara de Diputados, 2014).

Este tipo de modificaciones o reformas responden a “políticas de innovación”, algunas sugeridas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE); pretenden impulsar la capacidad de innovación en la producción de diversos productos y servicios; que los estudiantes que cursan la EMS, tengan las herramientas y conocimientos de ciencia y tecnología, para que su inserción en el mercado laboral o de investigación sea la más adecuada (OCDE, 2006). Por lo tanto, el aprendizaje de ciencias como la Biología es imprescindible para una inserción social exitosa; para el correcto entendimiento, interpretación y explicación que los jóvenes tienen sobre su entorno. No obstante, el nivel de aprendizajes junto con otros factores, depende del currículum de la institución educativa.

Para lograr hacer una aproximación de la importancia de la Biología en el sistema educativo, en primer lugar, vale la pena hacer una comparativa de la concepción de la

Biología y las intenciones de la materia, así como los semestres que se le dedica en los planes de estudio, entre diferentes instituciones de EMS.

El Colegio de Bachilleres (CB) imparte Biología I (La vida en la tierra), Biología II (La vida en la tierra II) y Ecología (El cuidado del ambiente) en segundo, tercero y cuarto semestre respectivamente. En esta secuencia de la asignatura en el CB, se le da importancia a los conocimientos sobre el origen, la química, las características y diversidad de los seres vivos, entre otros; con la intención de que los estudiantes propongan soluciones a problemas reales a partir de la aplicación de los conocimientos en Biología. En otras palabras, que los alumnos puedan desarrollarse en el mercado laboral y se contribuya al desarrollo de una cultura básica científica. En este sentido, se aprecia como el CB mantiene un carácter propedéutico y al mismo tiempo, independientemente al área de formación específica, se mantiene una considerable presencia de la disciplina biológica en el plan de estudios (CB, 2013).

Por otra parte, existen otras modalidades de la EMS como la ofrecida por los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT), los cuales brindan la posibilidad de continuar con estudios de Educación Superior al cursar el tronco común, y a su vez realizar una carrera con grado de técnico. Sin embargo, los planes de estudio de dicha institución, se enfocan generalmente en la preparación técnica, limitando la asignatura de Biología a un semestre en el tronco común (IPN, 2014); lo que en primera instancia parecería insuficiente para lograr llegar al mínimo de una cultura básica científico-biológica que todo estudiante de EMS debería poseer.

Tomando en cuenta los anteriores ejemplos, se puede observar que en la EMS existen diversas concepciones de la Biología, lo que responde a los propósitos de la institución que la imparte, especialmente si la institución es de tipo técnico.

Resulta importante analizar particularmente ¿por qué la enseñanza de la Biología debe incidir en el pensamiento de los jóvenes que cursan la Educación Media Superior? En primera instancia, resulta innegable que la relevancia de la Biología se ha incrementado para la sociedad con debates actuales como vacunas, transgénicos, biorremediación, etcétera; lo que exige un conocimiento básico de la cultura científica.

En ese sentido, la Biología permea prácticamente toda actividad humana, incluyendo las actividades económicas, donde especialmente la biotecnología ha incidido radicalmente. En esta tesis se define Biotecnología como:

“Cualquier técnica que utilice organismos vivos para hacer o modificar un producto, para mejorar plantas y animales, o para desarrollar microorganismos de uso específico. [...] La biotecnología hace hoy posible el estudio y la manipulación de organismos a nivel celular y molecular” (Gorzanga, 2006: 451).

Por lo que constantemente se implementa la Biotecnología en la mejora de métodos de producción para lograr hacerlos más eficientes y a su vez menos agresivos con el ambiente.

De igual forma, es importante mencionar que el conocimiento biológico resulta importante no sólo en la toma de decisiones a nivel industrial o económico, sino a nivel social y personal. Basta mencionar que una cultura científico-biológica básica en la formación de los estudiantes de EMS, propicia una visión más adecuada de lo que es ciencia y lo que no lo es; a su vez una población educada científicamente está mejor facultada para asumir actitudes críticas y tomar decisiones informadas y responsables de manera individual y colectiva en prácticamente todos los aspectos de la vida (Consejo Académico de Bachillerato [CAB], 2001).

Los aportes que la Biología puede brindar a los estudiantes, no sólo son los conocimientos que se generan a partir de su objeto de estudio, sino que también los métodos y estrategias que se utilizan para construir nuevos conocimientos, ayudan a desarrollar en los alumnos una percepción más científica que incorporen a su manera de ser, de hacer y de pensar (CCH, 1996).

Ya que el presente trabajo de investigación se realizó en el CCH, la siguiente información se direcciona hacia el Colegio, retomando la concepción de la materia de Biología I plasmado en el plan de estudios.

3.3 Modelo educativo del CCH

En el año de 1970 Pablo González Casanova, quien fuera rector de la UNAM, impulsaba una reforma universitaria llamada “Proyecto Nueva Universidad”, que contemplaba la creación del CCH, donde coexistiría interacción multidisciplinaria con institutos, hospitales y centros de trabajo, para fortalecer la calidad en los aprendizajes de los universitarios. Cabe resaltar que en aquel entonces la dinámica en la enseñanza era predominantemente enciclopedista, es decir, la principal concepción de enseñanza y aprendizaje era por transmisión de conocimientos del profesor hacia los estudiantes, situación que se contemplaba combatir con un nuevo enfoque de enseñanza, donde el protagonista del aprendizaje fuera el alumno; estas intenciones se plasmaron en el modelo educativo del Colegio (García, 2013).

Como se mencionó anteriormente, parte de la innovación que traería consigo el CCH era su modelo educativo, éste gira desde su creación en torno a tres grandes ejes: la crítica al enciclopedismo como tendencia educativa dominante, el formar una cultura que privilegiara el *aprender a aprender* y la concepción del maestro como orientador y promotor del aprendizaje (Gaceta UNAM, 1971).

El modelo educativo del CCH parte de la teoría de que el conocimiento no se recibe pasivamente, sino que es reconstruido activamente por el sujeto. De tal suerte que la concepción del estudiante es transformada de un receptor de información a un sujeto protagonista en la construcción del conocimiento (CCH, 2010). Por lo tanto, el Colegio reconoce que la educación tiene dos finalidades esenciales; la personal y la social, donde la primera se enfoca a la formación del estudiante capaz de adquirir una cultura básica, general y propedéutica, que le permita continuar con estudios superiores o prepararse para la vida; por otra parte, el Colegio busca formar jóvenes conscientes de la trascendencia y consecuencias de sus actos, capaces de interactuar en distintos niveles de organización social con respeto y tolerancia (CCH, s/a).

Algunos de los puntos esenciales de la concepción del plan de estudios y del proyecto educativo del Colegio son:

- “La opción por un bachillerato de cultura básica.
- El consecuente reconocimiento del alumno como sujeto de la cultura y de su propia educación.
- [...] Facilitar que los educandos aprendan cómo se aprende, por lo que será primordial ofrecerles la posibilidad de repetir y asimilar conscientemente su propia experiencia de conocimiento.
- La afirmación de la institución como espacio de crecimiento en la libertad y en la responsabilidad, en el compromiso humanista, crítico y propositivo con el cambio social [...].
- El papel del profesor como sujeto facilitador o auxiliar del proceso de aprendizaje y no como repetidor o mero instructor” (CCH, 1996: 6).

En esa línea, las orientaciones del quehacer educativo del Colegio son: aprender a aprender, los alumnos son capaces de adquirir nuevos conocimientos por cuenta propia; aprender a hacer, los estudiantes desarrollan habilidades que les permiten poner en práctica sus conocimientos; aprender a ser, los jóvenes desarrollan valores humanos, específicamente éticos, cívicos y artísticos.

3.3.1 Concepción de aprendizaje del CCH

El objetivo del Colegio es que los alumnos adquieran elementos que los lleven a formar parte de la cultura que corresponde al conocimiento científico, tecnológico, de las humanidades y las artes; lo que permite a los egresados interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica (CCH, 2006). Para esto, es indispensable que los alumnos desarrollen habilidades que les permitan buscar, seleccionar, organizar e interpretar información de diferentes fuentes, reflexionar acerca de ellas y emitir juicios o puntos de vista a partir de lo investigado. En ese sentido, el docente es el responsable de generar las experiencias de aprendizaje que les permitan no sólo adquirir nuevos conocimientos, sino tomar conciencia y control de su propio aprendizaje (CCH, 2013).

En el aspecto didáctico, el modelo educativo propone que los alumnos vayan construyendo el conocimiento de manera gradual, que las explicaciones, los procedimientos y los cambios conseguidos sean la base a partir de la cual se logrará el aprendizaje de nuevos conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores más complejos; de ahí que para facilitar la construcción del conocimiento es importante la utilización de estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje significativo, es decir, que propicien el proceso a través del cual una nueva información se relaciona de manera sustantiva con los conocimientos previos del alumno (CCH, 2013).

3.3.2 La enseñanza de la Biología en el CCH

El CCH desde su concepción ha buscado que los alumnos se formen y desarrollen una cultura de carácter básico y general; por lo que a través de sus planes de estudio ha distinguido y jerarquizado los contenidos con la finalidad de concentrar los contenidos básicos y esenciales, así como desarrollar habilidades y actitudes que favorezcan su desarrollo en la sociedad. En esa línea, resulta importante destacar que su plan de estudios está integrado por cuatro áreas del conocimiento: Matemáticas, Ciencias Experimentales, Histórico-Social y Talleres de Lenguaje y Comunicación (CCH, 2006).

En el plan de estudios actualizado, Biología pertenece al área de Ciencias Experimentales, las asignaturas de Biología I y II forman parte del tronco común y son obligatorias, teniendo como antecedente directo las asignaturas de Química I y II. Biología I y II, son las asignaturas precedentes de Biología III y IV, siendo estas últimas optativas (Ávila y Ortega, 2012).

Como se menciona en el programa de estudio de Biología (vigente), el Colegio interpreta la materia a través de un enfoque que organiza coherentemente el cuerpo de conocimientos, a su vez que propone una metodología con la finalidad de que sus estudiantes se apropien de los conocimientos con plena autonomía. El CCH concibe a la Biología como una disciplina caracterizada por su objeto de estudio, sus métodos y estrategias, que en conjunto representan el avance en la obtención de nuevos

conocimientos. En ese sentido, el Colegio busca que sus estudiantes aprendan a generar mejores explicaciones acerca de los sistemas vivos y sus interacciones integrando conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores; que lleven a los estudiantes a cambiar su concepción del mundo, con un sentido ético y con responsabilidad individual y social (CCH, 1996).

3.3.2.1 Enfoque disciplinario

El Colegio reconoce que la disciplina no debe generar conocimiento fragmentado, por lo que propone dar un tratamiento integral al estudio de las ciencias. En consecuencia, en el aspecto disciplinario se propone un enfoque integral de la Biología, con base en cuatro ejes complementarios: el pensamiento evolucionista, el análisis histórico, las relaciones sociedad-ciencia-tecnología y las propiedades de los sistemas vivos.

- “El pensamiento evolucionista le da independencia al discurso Biológico frente a otros, y de esto depende la autonomía de la Biología como Ciencia. [...] Este eje es lo que lleva al estudio coherente de la vida, en una formulación integradora que intenta unificar el saber biológico en la explicación del fenómeno vivo.
- El análisis histórico [...] brinda una visión amplia del quehacer científico, contribuye al análisis de diferentes conceptos y teorías de esta ciencia considerando el contexto social, metodológico e ideológico de cada época.
- Las relaciones sociedad-ciencias-tecnología, en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología, son un buen modelo de cómo una disciplina científica puede llegar a modificar los diferentes ámbitos del quehacer social; lo que permite fomentar en el alumno una actitud reflexiva acerca de cómo su actividad personal y social repercute en el manejo y cuidado del ambiente.
- El reconocimiento de que los seres vivos son sistemas complejos cuyos componentes están relacionados de modo tal que el objeto se comporta como una unidad y no como un mero conjunto de elementos, es lo que llevará al aprendizaje de la Biología como una visión integral de la vida” (CCH, 1996: 4).

3.3.2.2 Enfoque didáctico

La apuesta del Colegio es dotar a sus estudiantes de habilidades, actitudes y valores, a través de estrategias educativas que les permitan acceder a la información científica para aprender con autonomía, evitando la saturación de contenidos conceptuales.

Para el CCH, el aprendizaje es un proceso gradual y continuo de construcción y reconstrucción del conocimiento, en el que el nuevo conocimiento se edifica considerando sus concepciones y lo que el alumno ya conoce. En ese sentido, el alumno es tomado como el principal sujeto en el proceso de enseñanza y aprendizaje y el profesor es quien orienta, estimula y alienta a los estudiantes a la adquisición de conocimientos de forma autónoma.

El empleo de estrategias en clase, deben estar orientadas hacia la construcción de aprendizajes significativos, que encaminen a la formación de estudiantes creativos, críticos y autónomos. Dichas estrategias deben ser diversas y tomar en cuenta los objetivos generales del curso, los propósitos de cada unidad y los aprendizajes que se pretenden con éstas. Generalmente se estructuran en tres momentos: apertura, desarrollo y cierre (CCH, 1996).

3.4 La población estudiantil del CCH

Dada la preponderancia de la educación para la sociedad, el Estado está obligado a prestar servicios educativos para lograr que toda la población pueda cursar la Educación Preescolar, Primaria, Secundaria y Media Superior; siendo esta última de carácter obligatorio desde la reforma al artículo tercero en el año 2013.

Ya que la asistencia a la escuela requiere de una participación regular de los alumnos por periodos extensos de tiempo, los sistemas educativos escolarizados definen ciertas edades “típicas” para la asistencia a las escuelas. Tomando en cuenta la correspondencia de edades en el egreso de la educación básica (Secundaria), con un avance ininterrumpido, se considera como rango de edad típica para cursar el bachillerato un intervalo de quince a diecisiete años aproximadamente (INEE, 2013).

En el particular caso del CCH, entre el año 2006 y 2012 la mayoría de alumnos ingresaron al Colegio con una edad de quince años, lo que representó el 57.1 % de toda la población; mientras que los alumnos que ingresaron de catorce años o menos, representaron 24.4 % (Muñoz *et al.*, 2012). En esa línea, se observa que 81.5 % de los alumnos que ingresan y cursan sus estudios en el Colegio se pueden definir como adolescentes, ya que el intervalo aproximado de esta etapa de desarrollo es entre 13 y 20 años (Santrock, 2004).

La etapa de la adolescencia, se ha definido de diversas formas y en diferentes contextos, sin embargo, para esta investigación la adolescencia se define como: “[...] el periodo evolutivo de transición entre la infancia y la etapa adulta; que implica cambios biológicos, cognitivos y socioemocionales” (Santrok, 2004: 14).

Existen diversas teorías que ayudan a explicar y entender los cambios, repercusiones y problemáticas que enfrentan los adolescentes. Una de las teorías que ayudan a explicar parte del comportamiento adolescente es la acuñada por Sigmund Freud, quien observaba en la etapa de la adolescencia el epicentro del desfogue a las pulsiones sexuales, que junto con el desarrollo biológico de las estructuras sexuales permiten explorar con sus pares y consigo mismo la experimentación del placer sexual (Freud, 1975). Lo antes mencionado se relaciona directamente con los embarazos en adolescentes, el cual se ha convertido en un factor considerable que causa deserción en la población estudiantil del CCH (Muñoz *et al.*, 2012).

Por su parte, Piaget, (2005) considera que en este periodo de desarrollo se producen grandes cambios intelectuales, siendo en la adolescencia donde se adquiere y consolida el pensamiento de carácter abstracto, que permite la resolución de problemas complejos. La adquisición del “pensamiento formal” por parte del adolescente se acompaña de aspectos afectivos y emocionales que, en ocasiones, suelen suponer una limitación al aplicar el pensamiento abstracto en la resolución de problemas y la inserción en la sociedad adulta. Al respecto, menciona Piaget que la inserción social se reviste de tres aspectos característicos:

- “El adolescente se siente el igual del adulto; tiende o bien a imitarlo en todos los puntos, o bien a contradecirlo;
- por otro lado, intenta insertar su trabajo en la vida social que era hasta entonces, patrimonio de los adultos. Según el caso, esta inserción será una inserción profesional, si el adolescente se dedica a un trabajo efectivo, o si no, será un programa de vida, proyectos a corto o largo plazo y
- tiende a reformar la sociedad que lo rodea” (Piaget, 2005: 100).

De acuerdo con estas tres características, es importante tomar en cuenta el contexto cultural y social en el que se desenvuelven los adolescentes, ya que repercute directamente en su desarrollo afectivo y cognitivo, así como en la adquisición de una identidad personal que permita la pertenencia a un grupo específico.

Respecto a los aspectos sociales del adolescente es valioso destacar el papel de las instituciones educativas, en las que además de obtener conocimientos y habilidades académicas, se desenvuelve el alumno en espacios donde son posibles los intercambios e interacciones sociales además del contexto familiar, que le permite acercarse a la adquisición de la autonomía personal. Al respecto, en un estudio cualitativo realizado en estudiantes del CCH de los planteles sur y oriente, se menciona el reto que representa para los estudiantes el actuar de manera autónoma en la organización de sus vidas; ponderando y decidiendo entre la propuesta escolar y la “vida juvenil”, que junto con problemáticas sociales y económicas, pueden inclinar la balanza al camino de la deserción escolar (Guerrero, 2006).

Como puede apreciarse, las características de la EMS, específicamente en el CCH son particulares; por ello, es importante tener aproximaciones de la institución educativa, el modelo educativo, el plan de estudios y los sujetos que interactúan en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

CAPÍTULO IV: FUNDAMENTOS PEDAGÓGICO-DIDÁCTICOS

4.1 Teorías de aprendizaje

Las teorías de aprendizaje son un conjunto de principios científicamente fundamentados, que ofrecen marcos de referencia para interpretar y tratar de explicar cómo y bajo qué circunstancias ocurre el aprendizaje (Schunk, 2012). En esa tónica, la práctica de la docencia se debe ejercer bajo una firme orientación teórica, que permita al docente tomar decisiones conscientes que incrementen las probabilidades de generar aprendizajes más perdurables y significativos en diversos contextos educativos (Morris, 2011).

La mayoría de los teóricos aceptan la definición de aprendizaje como:

“un cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de cierta manera, el cual es resultado de la práctica o de otras formas de experiencia” (Schunk, 2012: 3),

Sin embargo, cada teoría del aprendizaje tiene una perspectiva básica al tratar de explicar el proceso de aprendizaje. De forma general, la mayoría de las teorías de aprendizaje se pueden clasificar en dos grandes grupos; las teorías conductuales y las teorías cognoscitivas.

Las teorías conductuales plantean que aprender consiste en la formación de asociaciones entre estímulos y respuestas, donde el factor más importante en el aprendizaje son los factores ambientales, aumentando la probabilidad de obtener respuestas favorables del que aprende por medio de reforzamientos.

Las teorías cognoscitivas conciben el aprendizaje de conocimientos y habilidades como un fenómeno mental interno, poniendo al sujeto que aprende en el centro del proceso; bajo este enfoque, cobran gran relevancia los pensamientos, creencias, actitudes y valores de los estudiantes, determinando el qué, cuándo y cómo aprenden; es decir, el proceso de aprendizaje gira alrededor del sujeto que aprende (Morris, 2011)

4.2 Constructivismo

El constructivismo es una teoría del aprendizaje que surge como alternativa al predominante conductismo de mediados del siglo XX; este enfoque alternativo se cimienta en las teorías y modelos de aprendizaje que provienen de la investigación de las ciencias cognitivas; de esta forma, se desligaron un poco de las profundas raíces positivistas que se consolidaron desde inicios del siglo XX con su principal representante y fundador de la Escuela Psicológica Conductista John B. Watson.

El constructivismo como teoría referente a la formación del conocimiento, representa la superación del antagonismo entre las posturas empiristas y racionalistas; asumiendo en la primera postura a la experiencia como factor fundamental en la generación del conocimiento, mientras que la postura racionalista asume que el conocimiento es posibilitado por las capacidades racionales innatas presentes en el sujeto. De esta forma, el constructivismo plantea que la formación del conocimiento se sitúa en el interior del sujeto, construyendo el conocimiento de su realidad a través de los mecanismos cognitivos de los que dispone, mecanismos que a su vez, permiten transformaciones de esa realidad (Araya *et al.*, 2007).

Actualmente el constructivismo presenta una amplia diversidad de concepciones, tantas como las teorías psicológicas del desarrollo que han consolidado los principios básicos de la explicación constructivista en el aprendizaje. Algunas de las teorías más representativas y vigentes son la teoría genética de Piaget, la teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel, y retomadas por autores como Novak y Gowin las teorías de la psicología cognitiva y la teoría sociocultural del desarrollo del aprendizaje por Vigotsky (Coll, 1996).

Cada una de las diferentes teorías tiene fundamentos epistemológicos particulares, sin embargo resulta importante destacar las coincidencias en criterios fundamentales que caracterizan al constructivismo:

- “El conocimiento es la experiencia que se adquiere en interacción con el mundo, con las personas, con los objetos y los acontecimientos.

- El conocimiento es una construcción del ser humano que se apoya en los instrumentos que ya posee, y con los que ha desarrollado una relación con su entorno.
- La interacción del alumno con la cultura implica una construcción y reconstrucción de la realidad por parte del alumno.
- La actividad del alumno es autodirigida, por lo que se trata de una actividad cuya organización y planificación dependen de él mismo. Por tanto, la intervención pedagógica está destinada a crear un entorno de aprendizaje rico y estimulante, respetando ritmos y estilos de aprendizaje individuales” (UNAM, 2013: 18).

En este sentido, resulta primordial caracterizar las diversas contribuciones que las teorías del aprendizaje han aportado a la comprensión del desarrollo cognoscitivo en el contexto educativo, ya que la consolidación en la comprensión de las teorías, contribuye a conformar un marco de referencias válidas para abordar las diversas problemáticas en la práctica educativa (Vielma y Salas, 2000).

Según lo dicho, en la presente investigación se articula desde un enfoque constructivista una estrategia didáctica que tiene como objetivo hacer asequible y relevante el aprendizaje de los temas respiración celular y fermentación, poniendo en práctica las aportaciones de los teóricos del aprendizaje constructivista. A continuación, se mencionan algunas de las teorías más relevantes consideradas en el diseño y aplicación de esta investigación.

4.2.1 Teoría de Piaget

Uno de los principios fundamentales de la psicología de Piaget es la existencia de periodos evolutivos con características cualitativamente diferentes entre si, que van en función al desarrollo fisiológico y que condicionan los posibles efectos que las experiencias educativas puedan provocar en los alumnos.

Piaget definió esencialmente cuatro grandes periodos: sensorio-motriz, preoperatorio, operaciones concretas y operaciones formales. Estos estadios se suceden cuando el sujeto genera las condiciones cognitivas a nivel de pensamiento, que le permitirá pasar al siguiente periodo (Piaget, 2005).

El mismo autor, explica el aprendizaje a través de la adaptación y la organización donde se desarrollan las estructuras mentales, por medio de dos procesos: asimilación y acomodación. La asimilación se entiende como la incorporación de nuevos conocimientos a los ya existentes, y la acomodación es la modificación de las estructuras mentales que se ajustan de acuerdo con el entorno.

“La exploración de objetos y de situaciones nuevas, el intento de atribuirles una significación, consistirá en último término en aplicarles esquemas ya elaborados, en integrarlos a los marcos asimiladores disponibles; cuando este intento no consiga su objetivo, es decir, cuando la asimilación encuentre resistencias, será necesario introducir las modificaciones oportunas en los marcos asimiladores” (Coll, 1986: 185).

Por otra parte, el motor del desarrollo cognitivo se sitúa en los desequilibrios, es decir en la ruptura del equilibrio entre la asimilación (interiorización del objeto) y la acomodación (modificación de la estructura cognitiva para acoger nuevos objetos); de tal suerte que son estos desequilibrios los que obligan a los sujetos a revisar los esquemas para buscar su superación; sin embargo, estos desequilibrios no bastan para explicar la novedad de las construcciones (Coll, 1986).

Adicionalmente, para Piaget no existe mecanismo cognitivo sin elementos afectivos ligados a ellos y viceversa. Por lo tanto, la afectividad cumple con el rol de “fuente energética” de la cual dependerá el funcionamiento de la inteligencia, pero no sus estructuras, es decir, la afectividad puede ser la causa de comportamientos (por ejemplo el interés de aprender algo nuevo) y a su vez, puede ser la causa de aceleraciones o retrasos en el desarrollo intelectual (Piaget, 2005).

4.2.2 Teoría de Ausubel

Ausubel junto con otros teóricos cognoscitivistas, postula que el aprendizaje implica una reestructuración activa de ideas, conceptos y esquemas que el alumno sustenta previamente en su estructura cognitiva. Por otra parte, en la teoría ausubeliana, se pueden diferenciar claramente dos tipos de dimensiones del aprendizaje:

- El modo en que se adquiere el conocimiento, que puede ser por recepción y por descubrimiento.
- La forma en que el conocimiento es subsecuentemente incorporado en la estructura cognitiva, ya sea por repetición o la incorporación significativa de aprendizajes (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

De tal suerte que para Ausubel, el aprendizaje por recepción, en sus formas más complejas y verbales es más provechoso en etapas avanzadas del desarrollo intelectual del sujeto (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

Independientemente del modo en el que se adquiriera el aprendizaje, para Ausubel la finalidad de la adquisición de conocimientos es lograr aprendizaje significativo; el cual debe tomar en cuenta el engranaje lógico de los nuevos conocimientos, con los conceptos, ideas y representaciones formados previamente en las estructuras cognoscitivas del educando; en consecuencia, se construye un conocimiento propio e individual. El significado es producto del aprendizaje significativo, éste se refiere al contenido diferenciado que evoca un conjunto de símbolos después de haber sido aprendidos (Viera, 2003).

En ese sentido, el modelo de aprendizaje por descubrimiento es especialmente valioso en el aprendizaje de las ciencias, que se basa en enfrentar a los alumnos a los mismos problemas que enfrenta un científico enfocándose más a las preguntas que a las respuestas que los alumnos pudieran encontrar. Sin embargo, Ausubel y sus colaboradores mencionaron una notable desventaja, ya que los científicos son expertos y muestran habilidades para la búsqueda e interpretación de nuevas explicaciones; mientras que los alumnos son principiantes en procesos para aprender

ciencia, por lo que se prepondera el modelo expositivo al del descubrimiento (Monroy, 2013).

Aludiendo al pensamiento más abstracto y formal que los alumnos presentan en Educación Media Superior y Superior, Ausubel creía que no era deseable que un alumno descubriera todo el contenido del currículum; por lo tanto, es en este punto donde se encuentra una controversia entre la visión educativa que deriva de la psicología genética de Piaget, que destaca el papel del descubrimiento autónomo y la de los teóricos de la psicología cognitiva, que destacan el procesamiento significativo de la información que se adquiere principalmente por recepción (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

Finalmente, para que exista aprendizaje significativo debe preexistir una coherencia en la estructura interna del material y sustentar una secuencia lógica entre sus elementos, se deben contemplar las diversas estructuras cognitivas de los alumnos, es decir los esquemas previos que ya poseen servirán como sustento para el nuevo aprendizaje, y adicionalmente debe existir una disposición positiva por parte del alumno (Viera, 2003).

4.2.3 Teoría de Vigotsky

Una de las mayores críticas a los encuadres cognositivistas, especialmente al enfoque piagetiano, es el aparente desinterés del papel cultural, social y las formas que éstos influyen en el aprendizaje y el desarrollo humano (Díaz Barriga y Hernández, 2002). Por tal motivo, la teoría sociocultural de Vigotsky (acuñada a finales de los años veinte) actualmente tiene un remarcable resurgimiento como teoría del aprendizaje, en ella se plantea que el desarrollo ontogénico de la *psique*, está determinado por procesos de apropiación psicológicos y socioculturales; es decir, las funciones superiores del pensamiento son producto de la interacción cultural (Chaves, 2001).

El fundamento epistemológico de Vigotsky utiliza la dialéctica marxista del sujeto-objeto, lo cual quiere decir que el sujeto actúa mediado por la actividad “práctica

social” sobre el objeto (la realidad), transformándolo y transformándose el sujeto mismo.

Para Vigotsky las fuentes de desarrollo psíquico no están en el sujeto mismo, sino en el sistema de sus relaciones sociales (Fontaines y Rodríguez, 2008). Bajo la teoría sociocultural, los procesos mentales elementales son de origen biológico, mientras que los superiores son de origen sociocultural. Al asignar un papel tan preponderante a factores sociales en el desarrollo cognositivo, Vigotsky acuña el término de zona de desarrollo próximo, el cual explica el desfase entre lo individual (intrapsicológico) y lo social (interpsicológico) (Vielma y Salas, 2000).

La zona de desarrollo próximo tiene una interdependencia con el nivel evolutivo real; es decir, el sujeto sustenta un nivel de desarrollo real, lo cual revela la capacidad “actual del sujeto”, mientras que la potencialidad en el aprendizaje del sujeto sólo se desarrollará con la ayuda del colectivo social, traducido en padres, maestros y compañeros (Fontaines y Rodríguez, 2008).

La presente tesis, parte de las bases teóricas de aprendizaje y sus fundamentos para estructurar una estrategia didáctica, que lleve a la práctica los referentes teóricos antes mencionados. A continuación se expone la concepción de estrategia didáctica utilizada en esta investigación y se fundamentan los recursos didácticos que la componen.

4.3 Estrategias didácticas

En esta tesis se concibe a las estrategias didácticas como enfoques generales de instrucción, que incluyen métodos, procedimientos, técnicas, actividades, recursos y materiales didácticos, organización de la estrategia (secuencia didáctica) y evaluación; organizados de manera consciente y secuencial, aplicado en una variedad de áreas de contenidos para construir y lograr aprendizajes significativos, y para tratar de alcanzar una gama de objetivos educativos en relación con un contenido concreto (Zabala, 2004; Feo, 2010; Eggen y Kauchak, 2009; Díaz Barriga y Hernández, 2002).

Cabe resaltar que existe una variedad de visiones entre los estudiosos del ámbito educativo en cuanto a los procedimientos esenciales de la secuencia didáctica (Feo, 2010). En éste trabajo de investigación, se tomó la propuesta de Díaz Barriga y Hernández (2002), como esquema de organización de la estrategia en tres diferentes momentos: inicio, desarrollo y cierre; que en conjunto conforman la secuencia didáctica. A continuación, se fundamentan de forma general las actividades que componen a la estrategia didáctica desarrollada en esta investigación, organizadas en los tres momentos antes mencionados. Cabe aclarar que todas las actividades que se describen a continuación se muestran en orden de aparición; en el caso de las actividades de inicio, la enunciación de los objetivos de clase, lluvia de ideas y organizadores previos se utilizaron prácticamente en todas las sesiones. Respecto a las actividades de desarrollo: el simulador, los mapas conceptuales y la organización de imágenes corresponden a la sesión 1. La generación de modelos corresponde a la sesión 2, el uso de videos corresponde a la sesión 3 y el método de caso a la sesión 4 y 5. Téngase en cuenta que en algunas sesiones incluida la sesión 6, se revisaron los temas de forma expositiva.

4.3.1 Actividades de inicio

Se utilizan cuando se desea que el alumno recuerde ideas y conocimientos previos para lograr comprender de manera eficaz la información nueva. Estas actividades tienen como finalidad el planteamiento de objetivos y metas para que el alumno tenga conciencia de los fines de la asignatura y su instrucción (Orellana, 2008).

Por otra parte, las actividades de inicio también llamadas pre-instruccionales, ayudan a preparar y alertar a los alumnos en función al contenido y cómo se va a aprender éste. Con las actividades de inicio los alumnos generan expectativas adecuadas y permiten que se ubiquen en un contexto adecuado (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

4.3.1.1 Enunciación de los objetivos de clase

Los objetivos utilizados como técnicas didácticas de inicio, ayudan a determinar el contenido, los métodos y los recursos, entre otros; para que los alumnos asuman conscientemente los aprendizajes que se esperan de ellos. En ese sentido, es recomendable que se generen y enuncien los objetivos para cada sesión, de forma breve y con la mayor claridad posible, con la finalidad de que sean asequibles para el entendimiento de los alumnos (Orellana, 2008).

4.3.1.2 Lluvia de ideas

Esta actividad ayuda a enfocar las ideas de los alumnos sobre un contenido o en la resolución de un problema; se debe desarrollar en un ambiente libre y propositivo, sin embargo, debe mantener orden (Díaz Barriga y Hernández 2002). Su fundamento es generar el mayor número de ideas como sea posible de forma individual o en grupo, evitando el juicio y críticas, hasta que se agoten las ideas. Con esta actividad, se puede desarrollar la imaginación, la memoria y las relaciones entre ideas, que ayudan en un momento dado al abordaje del tema en cuestión.

4.3.1.3 Organizadores previos

Son un recurso instruccional que puede facilitar el aprendizaje del conocimiento de forma significativa, permitiendo a los estudiantes adquirir nueva información mediante la propuesta de un contexto conceptual. Estos materiales introductorios se deben presentar antes que otros materiales de aprendizaje, a un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusividad (Moreira, 2012). El mismo autor enfatiza que los organizadores previos no deben confundirse con comparaciones introductorias, por lo cual, propone que los organizadores previos deben:

- “1) Identificar el contenido relevante en la estructura cognitiva y explicar la relevancia de ese contenido para el aprendizaje del nuevo material; 2) dar una visión general del material en un nivel más alto de abstracción, destacando las relaciones importantes; 3) proveer elementos organizacionales inclusivos que tengan en cuenta, más

eficientemente, y destaquen mejor el contenido específico del nuevo material, o sea, proveer un contexto ideacional que pueda ser usado para asimilar significativamente nuevos conocimientos.” (Moreira, 2012: 2).

Tomando en cuenta los puntos mencionados anteriormente, es conveniente incluir organizadores previos en el mayor número de sesiones posibles; ponderando en función del contexto de los alumnos y sus conocimientos previos, la utilización de organizadores previos expositivos o comparativos.

Los organizadores previos expositivos, se suelen usar para suplir la falta de conceptos, ideas o preposiciones para el aprendizaje de algún tema desconocido para los alumnos, sirviendo como punto de anclaje. Por otra parte, los organizadores previos comparativos se usan cuando el tema a aprender tiene cierta familiaridad para los alumnos; este tipo de organizador ayuda a integrar o discriminar (según sea el caso), información, ideas o conceptos nuevos con los ya existentes (Moreira, 2012).

4.3.2 Actividades de desarrollo

Para Díaz Barriga y Hernández (2002); Acosta y García (2012), las actividades de desarrollo (co-instruccionales), apoyan los contenidos curriculares durante el proceso de enseñanza y éstas ayudan a organizar la información, así como su estructuración e interrelación con otros contenidos; debe contemplar el interés de los alumnos, así como su motivación en el desarrollo de la estrategia.

4.3.2.1 Simulador computacional

Existen algunos estudios que apoyan el uso de tecnologías en la adquisición de aprendizajes significativos; estas tecnologías se basan principalmente en que el alumno perciba los objetos, señales y fenómenos, de tal forma que pueda ser más eficiente su aprendizaje.

En un estudio realizado en 1999 por Kleinman y Dwyer, se encontró que existe una relación positiva entre el desarrollo de habilidades visuales y el alcance de logros

académicos; también concluyen que el color en los medios agrega una dimensión educativa importante en la adquisición de información.

En otro estudio realizado por Casadei *et al.* (2008), se encontró que las estrategias didácticas o instruccionales que hacen uso de simulaciones a través de una computadora, mejoran el aprendizaje de conceptos en el área de Física en Educación Superior. Los autores recomiendan el uso de estrategias didácticas que incluyan simulaciones en asignaturas afines como las ciencias experimentales.

4.3.2.2 Mapas conceptuales

La idea de los mapas conceptuales deriva de la teoría de Ausubel del aprendizaje significativo, en contraste con el aprendizaje por repetición. Los mapas conceptuales son un instrumento en el que se trata de reflejar la forma de relacionar conceptos que son clave en el aprendizaje de algún tema. En ellos se plasma la información conocida desde un enfoque cognoscitivo sobre la forma en la que el cerebro procesa y aprehende nuevos conocimientos; propiciando en el alumno un aprendizaje significativo (Belmonte, 1997). A su vez, la realización de mapas conceptuales estimula a los estudiantes a superar el umbral del aprendizaje por memorización, y ayuda a comprender de forma significativa; sin embargo, la realización de los mapas conceptuales demanda instrucción previa, así como una construcción que conecte, relacione y jerarquice los conceptos; como recomienda Hernández (2008).

4.3.2.3 Organización de imágenes y descripciones

Como menciona Soussan (2003), todo aprendizaje del conocimiento científico, presupone un conocimiento previo mínimo del lenguaje, este implica el entendimiento de códigos que permitan la estructuración del conocimiento y su comunicación. El aprendizaje de contenidos científicos incluye, además de un vocabulario científico, la interpretación de gráficas, fórmulas, ecuaciones e imágenes; que resultan difíciles de entender por alumnos que no han desarrollado estas habilidades del lenguaje (Maturano, 2009). En consecuencia, es importante fomentar

habilidades de expresión del conocimiento como el verbal y el gráfico (Galagovsky, 2004).

Es aconsejable realizar actividades que desarrollen habilidades de comunicación verbal como: resúmenes, ensayos, reseñas, etcétera; así como actividades que estimulen el uso e interacción con el lenguaje científico.

4.3.2.4 Generación de modelos

La definición de la palabra modelo ha sido discutida por estudiosos de diversas disciplinas, sin embargo, actualmente el punto de vista con mayor aceptación es:

“un modelo es una representación de una idea, objeto, acontecimiento, proceso o sistema, creado con un objetivo específico” (Justi, 2006: 175).

Los modelos materiales son representaciones empíricas y tangibles, contruidos para comunicar algo a otros individuos. En ese sentido, Chamizo y García (2010) identifican dos tipos de modelos dependiendo del contexto; los modelos científicos y los didácticos, siendo estos últimos una reconstrucción de los modelos científicos para el contexto escolar, cuyo objetivo es posibilitar el aprendizaje del conocimiento científico en un contexto determinado.

Los modelos tienen la facultad de generar aprendizaje en dos momentos diferentes: cuando se utiliza un modelo y cuando se construye un modelo; ya que se desarrolla y refina una forma científica de pensar, fomentando la creatividad, expresión comprobación y evaluación en la construcción de un modelo didáctico (Justi, 2006).

Los modelos pueden ser una potente herramienta en el aprendizaje de conceptos abstractos, que permite (de manera simbólica) ver y tocar lo invisible (Muñoz, 2010).

4.3.2.5 Enseñanza y aprendizaje con videos

La utilización de medios digitales ha alcanzado un nivel preponderante en prácticamente todos los ámbitos, siendo la población joven una de las más activas en su aplicación (Valenzuela, 2013). Algunas de las principales razones que han incrementado la utilización de los videos en la enseñanza y el aprendizaje es la rápida y robusta expansión de plataformas de alojamiento de videos en línea (por ejemplo, YouTube), así como la reducción en los costos de los servicios de internet y dispositivos electrónicos como: televisiones inteligentes, computadoras personales, teléfonos inteligentes y tabletas electrónicas (Glannakos *et al.*, 2015). En investigaciones realizadas por Cherif *et al.* (2014) encontraron que más de 75% de 385 estudiantes encuestados de Educación Superior, reconocieron haber buscado activamente videos de YouTube para aprender conceptos difíciles y complejos de Biología y Química; argumentando que una de las principales ventajas de utilizar videos de YouTube, es el hecho de poder repetirlos, lo cual resulta sustancialmente importante en el aprendizaje de conceptos complejos. Asimismo, dichos autores recomiendan que los videos deben considerarse como parte de estrategias pedagógicas utilizadas por los docentes, incluyéndolos como elementos en el diseño y preparación de los cursos.

Para la selección de videos utilizados en la estrategia didáctica se tomaron en cuenta las sugerencias propuestas por Cherif *et al.*, (2014) y Valenzuela (2013), las cuales son:

- 1) El correcto contenido conceptual de los videos.
- 2) Conexión lógica con los conceptos revisados previamente.
- 3) Integración lógica y secuencial de los videos dentro de toda la estrategia didáctica.
- 4) Que las actividades con los videos fueran entretenidas y fomentaran la participación activa de los alumnos.

4.3.2.6 Método de caso

El método de caso, también denominado análisis de caso o estudio de caso, es la técnica de aprendizaje o medio pedagógico basado en la participación activa y cooperativa de los alumnos; en ella, el docente, en algún formato (papel, disco compacto, videos, etcétera), plantea en el aula de clases una problemática con situaciones reales y actuales, que permite a los estudiantes aplicar conceptos teóricos aprendidos o por aprender en la resolución del caso (Universidad Politécnica de Valencia [UPV], 2004; Rosker, 2006; Universidad Politécnica de Madrid [UPM], 2008).

Para Rosker (2006), se distinguen dos momentos en la generación de aprendizajes; el primero exige el análisis de la problemática, la exploración de información complementaria y la aplicación de conceptos teóricos de forma individual; el segundo momento involucra la sociabilización del conocimiento, en éste se expone ante el grupo de trabajo y el docente las primeras conclusiones y argumentos, sometiendo a discusión los aportes obtenidos de cada estudiante en la resolución del caso.

Como menciona Reynolds (1990: 20, citado en UPV, 2004), existen cinco razones que avalan la eficacia del método de caso:

- “Los estudiantes desarrollan mejor sus capacidades mentales evaluando situaciones reales y aplicando conceptos, que aprendiendo esos mismos conceptos simplemente a partir de ejemplos teóricos.
- Los alumnos estarán mejor preparados para el desarrollo de su actividad profesional que aquellos que hayan aprendido fórmulas teóricas con poca práctica.
- Las ideas y conceptos se asimilan mejor cuando se analizan en situaciones que han surgido de la realidad.
- El trabajo en grupo y la interacción con otros estudiantes constituyen una preparación eficaz en los aspectos humanos de gestión.
- Los alumnos dedican voluntariamente más tiempo a trabajar, ya que consideran más interesante trabajar con casos, que las lecciones puramente teóricas”.

En el método de caso no se busca que los alumnos lleguen a una única respuesta correcta, por el contrario, se acepta la existencia de múltiples respuestas correctas o

adecuadas en la resolución del problema. Por lo tanto, lo verdaderamente importante que se evalúa de los estudiantes, son los procesos que siguen para llegar a una conclusión, entre los cuales están: el razonamiento que sigue el alumno, las relaciones entre conceptos e hipótesis y las modificaciones en su concepción del conocimiento, producto de la interacción con sus compañeros (UPM, 2008).

Con base en los aportes que ofrece Freeman (1998), un buen caso ofrece:

- 1) Una historia con trama interesante que cuenta con un principio, un desarrollo y un final; donde el final puede ser creado por los alumnos.
- 2) Enfocar el interés de los alumnos en un problema realista con un corte dramático.
- 3) Temas actuales, donde los estudiantes se puedan identificar con la problemática expuesta por el caso.
- 4) Crear empatía con los personajes centrales, especialmente con la implementación de soliloquios.
- 5) Relevancia para el lector, brindando situaciones que podrían ocurrir en la vida real.
- 6) Una buena utilidad pedagógica, cumpliendo con objetivos educativos concretos.
- 7) Provocar controversia entre los estudiantes, principalmente en la toma de decisiones.
- 8) Que los alumnos tomen decisiones con argumentos válidos.
- 9) Temática con aplicabilidad general, es decir, debe ser un tema lo suficientemente amplio para que los estudiantes encuentren utilidad en diferentes contextos.
- 10) Ser breve y dividirse en etapas, ya que es más fácil mantener la atención de los estudiantes por periodos cortos de tiempo, mezclando la información con preguntas y toma de decisiones.

Tomando en cuenta lo anterior, el caso desarrollado en esta tesis, cumple con la mayoría de los criterios sugeridos por dicho autor.

4.3.3 Actividades de cierre

Las actividades de cierre también llamadas técnicas post-instruccionales, son aquellas que se presentan al término de una sesión didáctica, con las que se pretende sintetizar e integrar el contenido aprendido (Díaz y Hernández, 2002). Para Kauchak y Eggen (2009), toda lección independientemente del tema, necesita un cierre; ya que ayuda a los alumnos a integrar y solidificar sus ideas y conocimientos, provocando en los alumnos una sensación de equilibrio.

4.3.3.1 Resúmenes

La realización de resúmenes es una técnica muy utilizada por los docentes; en esta práctica se genera una síntesis de la información más relevante, a través de un discurso oral o escrito. Los resúmenes facilitan que los alumnos recuerden, relacionen y comprendan los conocimientos previos y la nueva información, ayudando a generar mayor significatividad en los aprendizajes generados por los estudiantes (Acosta y García, 2012).

De forma complementaria a las teorías de aprendizaje y los fundamentos teóricos de los recursos didácticos establecidos en esta tesis, se muestran a continuación algunas investigaciones sobre la enseñanza de la respiración celular y la fermentación.

4.4 Estudios sobre la enseñanza de la respiración y la fermentación

Diversos estudios han aportado información relevante sobre la enseñanza y el aprendizaje de la respiración celular y la fermentación, muchas de estas investigaciones exponen la diversidad de concepciones y explicaciones que los estudiantes tienen sobre la respiración y la fermentación producto de la aplicación de recursos y estrategias didácticas para su enseñanza.

Charrier *et al.* (2006), mencionan que las principales concepciones alternativas de los estudiantes en distintos grados educativos sobre la respiración celular son: la respiración es sinónimo de intercambio gaseoso, la respiración sólo se realiza en órganos especializados como pulmones y branquias, el oxígeno es fuente de energía,

entre otros. En el mismo estudio, se plantea que el principal origen de estas concepciones se puede deber a: poco dominio de los docentes sobre el tema, contenidos poco actualizados, influencias negativas del contexto sociocultural cotidiano, entre otras causas.

En un estudio similar realizado en Portugal, se encontró que durante la enseñanza en el grado Secundaria, algunas concepciones alternativas son sustituidas temporalmente por ideas científicamente apropiadas; sin embargo, después de algún tiempo los alumnos vuelven a utilizar explicaciones alternas intuitivas. Lo que podría sugerir que los estudiantes no logran interiorizar el conocimiento recién adquirido, por no encontrarle algún sentido personal (Domingos *et al.*, 2004); por ello, resulta importante desarrollar estrategias didácticas que permitan a los alumnos encontrar sentido en su aprendizaje, favoreciendo su significatividad.

En esa tónica, Yenilmez y Tekkaya (2006), aplicaron una combinación de actividades que incluyó un texto (denominado como: “conceptual change text”) y una red de discusión en estudiantes de un rango de 13 a 14 años. En este estudio encontraron que los alumnos mostraron un mayor dominio conceptual en los temas de respiración celular y fotosíntesis, evaluado mediante un post-test y contrastado con alumnos que recibieron enseñanza tradicional. Adicionalmente encontraron que los alumnos del grupo experimental, presentaron un menor número de ideas alternativas a las explicaciones científicas, que el grupo control, lo que sugiere que la combinación de actividades didácticas puede favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento, permitiendo que los estudiantes reestructuren sus concepciones previas.

Por otra parte, se ha detectado que los alumnos generan conceptos erróneos sobre el proceso de fermentación, principalmente entre los distintos productos como el ácido láctico, etanol y CO₂. Din Yan Yip (2000), encontró que la enseñanza con recursos didácticos más visuales como los diagramas de flujo, mejoran considerablemente el aprendizaje de procesos como la fermentación y la respiración. El estudio sugiere que la enseñanza con estos recursos, permite a los estudiantes construir imágenes mentales que explican los procesos metabólicos de forma gradual, es decir, desglosar

paso a paso desde el sustrato respiratorio inicial, hasta la liberación de energía. En dicho estudio se menciona que el desarrollo en la comprensión básica del proceso de respiración celular, puede ayudar a construir explicaciones más adecuadas sobre la fermentación.

Finalmente, se han desarrollado novedosas estrategias didácticas que han mejorado considerablemente la comprensión de la respiración celular, utilizando recursos como los estudios de caso y modelos materiales. Uno de estos estudios realizados por Boomer y Latham (2011) demuestra que la utilización de materiales sencillos como bloques de LEGO®, usados como modelos materiales explicativos de los procesos metabólicos, mejoraron en 46% el rendimiento en pruebas cuantitativas en contraste con el abordaje de otros temas como genética o evolución. Adicionalmente, los estudiantes que completaron la actividad mostraron cambios actitudinales positivos, respecto al aprendizaje de contenidos relacionados con el metabolismo.

Otro estudio realizado por Baines *et al.* (2004), fue aplicado en estudiantes universitarios y preuniversitarios, mostró que la utilización de métodos de casos en la enseñanza de la respiración celular mejora notablemente el aprendizaje del tema, otorgando la oportunidad de analizar, discutir y aplicar el contenido conceptual en situaciones de la vida real. Particularmente, el caso se basó en la intoxicación de una mujer por rotenona (insecticida inhibidor de la respiración), posicionando a los estudiantes en el rol de un investigador que debe determinar la causa de la muerte de la víctima. Los estudiantes a los que se les aplicó el método de caso, obtuvieron un 25% de mejoría en los resultados al responder pruebas de tipo cuantitativas, en contraste con estudiantes que sólo utilizaron lecturas en la revisión del tema.

Considerando la información anterior, en la presente tesis se utilizó una combinación organizada y secuencial de diversos recursos didácticos que han mostrado ser eficientes en la enseñanza de temas abstractos y complejos como la respiración celular y la fermentación, que se pueden aplicar en el contexto de diversas instituciones de EMS, considerando las necesidades e intereses de la población

estudiantil y respondiendo a los aprendizajes plasmados en el plan de estudios del CCH.

4.5 Aprendizajes generales esperados

Con base en la estructura conceptual desarrollada en esta investigación (Anexo 1), se esperaron los siguientes aprendizajes en los estudiantes:

- Comprenden que los sistemas vivos se mantienen gracias a su capacidad de transformar energía.
- Identifican a la respiración celular como un proceso que utilizan algunos organismos para obtener energía; utilizando generalmente oxígeno molecular como último aceptor de electrones.
- Diferencian el intercambio gaseoso de la respiración celular.
- Identifican que algunos procesos metabólicos son compartidos entre los diversos reinos biológicos.
- Comprenden que la respiración es energéticamente más eficiente que la fermentación.
- Ejercitan y desarrollan habilidades de expresión escrita y oral en la ejecución de las actividades didácticas.
- Los alumnos desarrollan habilidades sociales al trabajar de forma colaborativa.

4.6 Propuesta de temas antecedentes y consecuentes de la respiración celular y la fermentación

Teniendo en cuenta que el aprendizaje de la respiración y la fermentación no son temas aislados, se proponen algunos temas antecedentes que faciliten el aprendizaje de los temas enseñados en esta investigación; en consecuencia, el aprendizaje de la respiración y la fermentación puede facilitar el aprendizaje de otros conceptos y procesos complejos. Los siguientes temas fueron tomados del programa de estudio vigente de Biología I del CCH:

Temas antecedentes

- Moléculas presentes en las células: Función de carbohidratos, lípidos y proteínas.
- Estructuras celulares y sus funciones.
- Anabolismo y catabolismo como procesos bioenergéticos.

Temas consecuentes

- Transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos pasivos y activos.
- Fotosíntesis.

CAPÍTULO V: FUNDAMENTOS DISCIPLINARES DE BIOLOGÍA

5.1 ¿Qué es el metabolismo?

Una definición general de metabolismo, es la que se refiere a todas las transformaciones energéticas, procesos químicos, mecanismos reguladores y sus interrelaciones que tienen lugar en un organismo. Se pueden clasificar tres funciones básicas del metabolismo: 1) la obtención de energía química, por medio de moléculas combustibles o de la luz solar absorbida, 2) la conversión de los precursores moleculares exógenos (monómeros), en componentes integradores de macromoléculas de la célula, 3) la formación y degradación de las biomoléculas necesarias para las funciones especializadas de las células. Todos los productos del metabolismo, se generan a través de vías metabólicas, éstas se clasifican principalmente en rutas anabólicas y rutas catabólicas (Murray *et al*, 2009; Solomon *et al.*, 2008; Lehninger *et al*, 1995).

En ese sentido, el metabolismo también se puede definir como:

“[...] el proceso global a través del cual los sistemas vivos adquieren y utilizan energía libre para realizar sus diferentes funciones. *Este proceso se realiza acoplado las reacciones exergónicas² de oxidación de nutrientes a los procesos endergónicos³ necesarios para mantener el estado vital*, tales como el trabajo mecánico, el transporte activo de moléculas contra gradientes de concentración y la biosíntesis de moléculas complejas” (Voet y Voet, 2006: 424).

5.2 ¿Cómo obtiene energía la célula?

La célula y en general todos los organismos requieren obtener energía para mantener su organización, homeostasis, crecimiento y reproducción. De forma general, los

² Reacción exergónica: son aquellas que liberan energía, y se dice que son reacciones espontáneas, de mayor a menor energía libre, por ejemplo las reacciones catabólicas (Solomon *et al.*, 2008; Lehninger *et al.*, 1995).

³ Reacción endergónica: son aquellas que producen o “ganan” energía libre, no son espontáneas. Para que sucedan dichas reacciones los “alrededores” tienen que aportar energía, por ejemplo las reacciones anabólicas (Solomon *et al.*, 2008; Lehninger *et al.*, 1995).

organismos pluricelulares y unicelulares, obtienen su energía a través de procesos metabólicos fototróficos (como la fotosíntesis) y quimiotróficos (como la respiración celular y la fermentación) (Wayne *et al.*, 2006). En términos generales, los sistemas vivos que pueden realizar la fotosíntesis se les denomina fotótrofos; estos son capaces de captar directamente la energía del sol y transformarla en energía química, siendo el primer precursor la molécula de adenosín trifosfato (ATP), para posteriormente utilizar la energía almacenada en el ATP, para sintetizar moléculas orgánicas con mayor estabilidad como los azúcares (Audesirk *et al.*, 2008). En ese sentido, los organismos fotótrofos se subdividen en fotolitótrofos, cuando los dadores electrónicos son compuestos inorgánicos y en fotoorganótrofos, cuando los dadores electrónicos son compuestos orgánicos. Por otra parte, los sistemas vivos que no realizan la fotosíntesis, obtienen energía alimentándose parcial o totalmente de otros organismos o compuestos orgánicos del ambiente, denominándose como quimiótrofos. Los organismos que obtienen energía por oxidación de compuestos orgánicos como azúcares, lípidos y proteínas se denominan quimioorganótrofos, mientras que los organismos que pueden emplear dadores electrónicos inorgánicos sencillos se les denomina quimiolitótrofos (Lehninger *et al.*, 1995). Finalmente, la energía química obtenida por ingestión o absorción, se acopla por medio de reacciones endergónicas a una molécula de alta energía como el ATP (Voet y Voet, 2006).

Dependiendo de la disponibilidad de oxígeno molecular (O_2), la célula puede obtener ATP a través de la fermentación o de la respiración celular; diferenciándose principalmente en los productos finales y la eficiencia en la producción de ATP (figura 1).

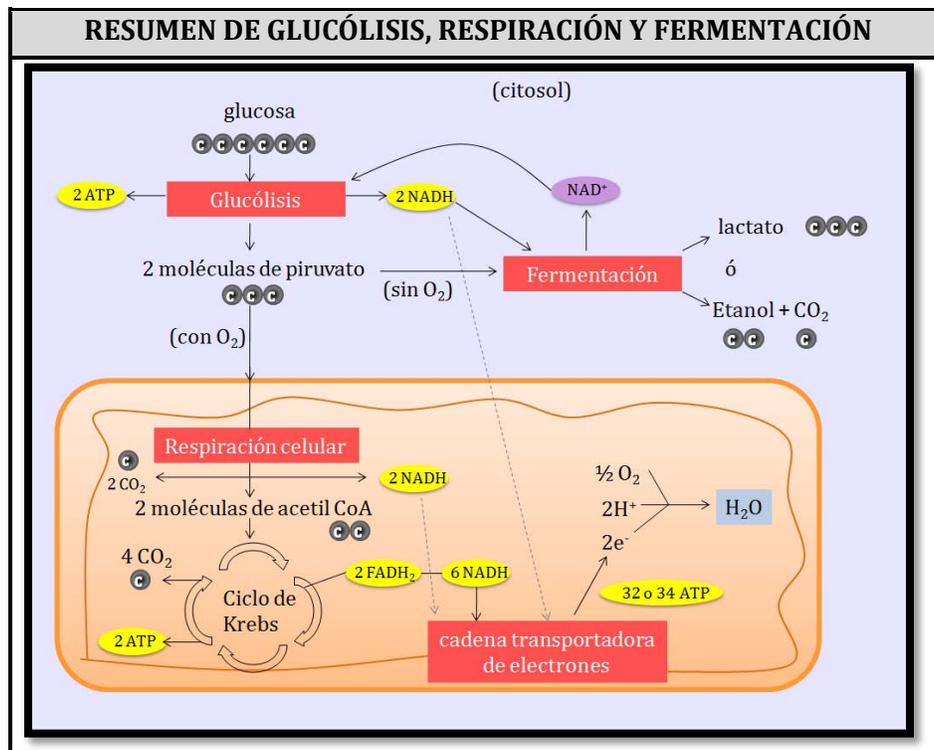


Figura 1. Se muestra la descomposición de la glucosa en una célula eucariota en presencia o ausencia de O₂. En el caso de la fermentación se muestran los posibles productos (lactato o etanol+ CO₂) y la regeneración del NADH a NAD⁺. En la respiración se muestra la entrada de las dos moléculas de piruvato a la mitocondria integrándose al ciclo de Krebs en forma de acetil-CoA. El ciclo de Krebs genera dos moléculas de CO₂, dos de ATP y capta electrones de alta energía a través de FADH₂ y NADH; estos últimos aportan la energía de los electrones (e⁻) a la cadena transportadora de electrones generando un gradiente electroquímico de protones, utilizado por el enzima ATPsintetasa para generar de 32 a 34 ATP. El aceptor final de electrones es el O₂, que junto con H⁺ y e⁻ forman una molécula de agua. Tomado y modificado de Audesirk *et al.* (2008).

5.2.1 Respiración celular

Los organismos que realizan la respiración celular se pueden dividir en dos clases principales: los aerobios, que utilizan O₂ como último aceptor de electrones y los anaerobios, que emplean como aceptor electrónico otra molécula diferente al O₂ (Lehninger *et al.*, 1995; Wayne *et al.*, 2006). Cabe aclarar que el capítulo se centra en describir la respiración celular aeróbica, ya que la estrategia didáctica se enfocó a la enseñanza de este tipo de respiración.

La respiración celular o simplemente respiración, es el proceso por el cual una célula puede oxidar completamente una molécula energética (por ejemplo glucosa); obteniéndose una producción considerablemente eficiente de ATP (aproximadamente 36 moléculas de ATP); este proceso se puede dividir en cuatro etapas diferentes: glucólisis, formación de acetil-coenzima A (Acetil- CoA), ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones y quimiosmosis (Wayne *et al.*, 2006; Solomon *et al.*, 2008). En la siguiente tabla se muestra de forma general las etapas de la respiración, así como una breve explicación de los eventos que ocurren en cada etapa.

Tabla 1. Se muestran de forma sintética las principales etapas de la respiración celular, así como una breve explicación de los fenómenos que ocurren en cada una de ellas. Tomado de Solomon *et al.* (2005).

ETAPAS DE LA RESPIRACIÓN CELULAR			
Etapa	Resumen	Algunos materiales iniciales	Algunos productos finales
1.- Glucólisis (en el citosol).	Serie de reacciones en las que la glucosa se degrada a piruvato, con una ganancia neta de dos moléculas de ATP y transferencia de átomos de hidrogeno a moléculas portadoras ⁴ ; puede ser anaerobia.	Glucosa, ATP, NAD ⁺ , ADP, P _i	Piruvato, ATP, NADH.
2.- Formación del acetil- CoA (en las mitocondrias).	El piruvato se degrada y combina con la coenzima A, de modo que se forma acetil-CoA ⁵ , con transferencia de átomos de hidrógeno a moléculas portadoras y liberación de CO ₂ .	Piruvato, coenzima A, NAD ⁺ .	Acetil-CoA, CO ₂ , NADH.
3.- Ciclo de Krebs ó ciclo del ácido cítrico (en las mitocondrias).	Serie de reacciones en las que la porción acetilo de la acetil-CoA se degrada a CO ₂ ; se transfieren átomos de hidrógeno a moléculas portadoras y se sintetiza ATP.	Acetil CoA, H ₂ O, NAD ⁺ , FAD, ADP, P _i	CO ₂ , NADH, FADH ₂ , ATP.
4.- Cadena transportadora de electrones y quimiósmosis (en las mitocondrias).	Cadena de varias moléculas transportadoras de electrones, en la que estos se transfieren a lo largo de la cadena; la energía liberada se utiliza para generar un gradiente de protones; se sintetiza ATP al difundirse los protones a favor del gradiente, y el oxígeno es el aceptor final de electrones.	NADH, FADH ₂ , O ₂ , ADP, P _i	ATP, H ₂ O, NAD ⁺ , FAD.

⁴ Moléculas portadoras: se refiere a nicotinamida adenina dinucleótido (NADH, reducido; NAD⁺, oxidado) y favín adenín dinucleótido (FADH₂, reducido; FAD, oxidado). Son coenzimas que funcionan como moléculas acarreadoras de electrones de alta energía y protones (Audesirk *et al.*, 2008).

⁵ Acetil coenzima A (acetil-CoA): Es una molécula intermediaria en diversas rutas metabólicas.

5.2.2 Fermentación

Al igual que la respiración, la fermentación es un proceso catabólico que utilizan algunos organismos para extraer energía de la glucosa y otros sustratos relacionados. A diferencia de la respiración, en la fermentación no interviene ninguna cadena transportadora de electrones, por lo tanto, no se consigue una oxidación completa, obteniendo dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa (Figura 1) (Solomon *et al.*, 2005; Curtis *et al.*, 2008; Wayne *et al.*, 2006).

Se pueden identificar varios tipos de fermentación con base en el producto final del proceso, por ejemplo: la fermentación butírica produce ácido butírico, la fermentación acética produce ácido acético, la fermentación alcohólica produce etanol y CO₂ y la fermentación láctica produce lactato. La fermentación alcohólica es realizada por la mayoría de las células vegetales y levaduras (Wayne *et al.*, 2006), mientras que la fermentación láctica se realiza por varios microorganismos y algunas células animales, cuando el O₂ es escaso (Curtis *et al.*, 2008).

La fermentación al igual que la respiración comparten la vía metabólica glucolítica, donde, la glucosa se degrada en dos moléculas de tres carbonos llamadas piruvato mediante la extracción de dos electrones que se combinan con una molécula de NAD⁺, generando durante el proceso una ganancia energética de dos moléculas de ATP. Posteriormente, en la fermentación las moléculas de NADH transfieren sus átomos de hidrógeno a moléculas orgánicas, regenerando así las moléculas de NAD⁺ necesarias para la glucólisis (Solomon *et al.*, 2005; Curtis *et al.*, 2008).

Como se puede observar, la fermentación y la respiración comparten la secuencia glucolítica como etapa inicial en la obtención de energía, lo que sugiere que la glucólisis es una ruta precursora que evolucionó en etapas tempranas, cuando la atmósfera carecía de O₂ libre:

“Es posible que los organismos unicelulares primitivos utilizaran la glucólisis (o un proceso muy semejante) para extraer energía de los compuestos orgánicos que absorbían del medio acuoso en el que vivían” (Curtis *et al.*, 2008: 97).

A modo de cierre, el esclarecimiento de los fundamentos disciplinares de la Biología, nos permite sustentar el contenido que se presenta en la estrategia didáctica. Cabe resaltar, que la concepción de la presente tesis, y por ende de la estrategia didáctica trata de presentar los contenidos más allá de una postura biológica funcional, enfocando dichos contenidos dentro del campo de la Biología Evolutiva (Martínez y Barahona, 1998). En otras palabras, la enseñanza de la respiración celular y la fermentación buscó encaminar el aprendizaje de los estudiantes no sólo desde una perspectiva funcional (cómo funciona algo), también desde una perspectiva evolucionista, tratando de considerar a los organismos como un eslabón más de la gran cadena de la vida.

CAPÍTULO VI: MÉTODOS

En el presente capítulo se establece el tipo de diseño experimental como cuasiexperimental, basado en la clasificación de Hernández *et al.* (1991). Además se hace una descripción de la metodología empleada en esta investigación; a su vez, se describen los instrumentos utilizados para la recolección de información y el tratamiento estadístico que permitió realizar el análisis cuantitativo.

6.1 Tipo de diseño experimental

Dado que en este tipo de investigaciones no es posible controlar muchas variables involucradas en el proceso se le denomina diseño cuasiexperimental. Según Cohen y Marion (1990, citado por Estribano, 2004: 348):

“La mayoría de los estudios empíricos en el área educativa y didáctica son cuasiexperimentales, la razón estriba en que en el ámbito escolar es más fácil trabajar con grupos que ya vienen constituidos porque en el cuasi-experimento el investigador estudia con grupos ya formados, es decir, que vienen dados por otros medios distintos que la selección aleatoria; en el experimento propiamente dicho, por el contrario, los grupos se forman aleatoriamente, lo cual sería mucho más difícil para trabajar en escuelas.”

Si bien, al trabajar en un escenario real no es posible controlar diversas variables propias de los alumnos (personalidad, hábitos, conocimientos previos, situación económica, entre otras); se procuró que los grupos participantes fueran equivalentes en algunos aspectos como: turno, asistencia regular a clases, asignatura (Biología I), grado académico de los profesores titulares, entre otros (Hernández *et al.*, 1991).

Con la finalidad de probar si la aplicación de la estrategia didáctica arrojó alguna diferencia en el aprendizaje conceptual de los alumnos en los grupos tratamiento (grupo C y grupo D) en comparación con los grupos control (grupo A y grupo B), se optó por utilizar un diseño tipo pre-prueba, intervención, post-prueba con grupos experimentales. En otras palabras, los grupos experimentales (asignados aleatoriamente) fueron sometidos a una situación de pre-test, posteriormente se les

aplicó la estrategia didáctica (manipulación experimental); para finalmente, medir los grupos nuevamente y comprobar si existe diferencia estadísticamente significativa con respecto a los grupos control (sin manipulación experimental) (Kerlinger *et al.*, 2002).

Una de las ventajas que ofrece el diseño pre-test - post-test con grupo control, es que el contraste con el grupo control permite predecir que, si existe alguna diferencia entre los valores de los dos grupos (control y experimental), ésta se le puede atribuir con mayor certeza (nunca totalmente) a la aplicación de la estrategia didáctica. Sin embargo como menciona Kerlinger *et al.* (2002), este diseño presenta la problemática de sensibilizar a los alumnos al aplicar un pre-test; es decir, la aplicación de la prueba de conocimientos generales previa a la aplicación de la estrategia didáctica, puede “alertar” a los estudiantes respecto a los temas abordados en la estrategia didáctica. No obstante, el mismo autor menciona:

“Mientras que el posible efecto de interacción descrito antes repercutiría en alguna investigación, es dudoso que afecte fuertemente a la mayoría de la investigación. [...] Resulta dudoso que los participantes de la investigación estén excesivamente sensibilizados en dichas situaciones” (Kerlinger *et al.*, 2002: 446).

6.2 Antecedentes de la estrategia didáctica

El desarrollo de la estrategia didáctica se generó bajo la supervisión de un comité tutorial y el tutor principal de la tesis, lo que ayudó a concretar en dicha estrategia diferentes enfoques y perspectivas en el diseño con base en los objetivos de la tesis, los aprendizajes esperados y los objetivos de aprendizaje plasmados en el programa de estudio del CCH.

El diseño de la estrategia didáctica se llevó a cabo en dos etapas; la etapa de prueba y etapa de aplicación formal. La primera consistió en una prueba de pilotaje que se aplicó a un grupo del CCH Plantel Oriente del turno vespertino de cuarto semestre, con la finalidad de que el investigador responsable del proyecto hiciera una aproximación a: conocimientos previos, actitudes, disposición, ausentismo y

evidentemente comprobar si la estrategia didáctica era adecuada para lograr los aprendizajes esperados en los estudiantes. Dicha prueba se realizó en abril del 2014; los datos obtenidos se encuentran en el anexo 2. Con base en los resultados obtenidos en la aplicación de la prueba piloto se realizaron diversas modificaciones a la estrategia didáctica, con la finalidad de adecuarla a los aprendizajes esperados.

6.3 Estrategia didáctica: aplicación formal

La estrategia didáctica en la etapa de aplicación formal, se aplicó en el CCH Plantel Oriente en el turno vespertino. Se trabajó con cuatro grupos de alumnos cuya selección fue hecha conjuntamente entre el investigador responsable del proyecto y el tutor/supervisor (Profesor titular de tiempo completo con 20 años de experiencia en docencia); esta selección se realizó con base en las siguientes características:

- Grupos pertenecientes al tercer semestre (alumnos que cursaran la asignatura de Biología I).
- Compatibilidad de horarios.
- Con un índice de asistencia proporcional al resto de los grupos (<70%).

De los cuatro grupos preseleccionados, dos fueron grupos tratamiento o experimentales; es decir, grupos a los que se les aplicó la estrategia didáctica propuesta en esta tesis, mientras que a los dos grupos restantes se les denominó grupos control o testigo; a estos grupos no se les aplicó ninguna intervención (a excepción de las pruebas de conocimientos), por lo que dichos grupos recibieron clases de su profesor titular en cada caso. En la tabla 2 se muestra el número de alumnos por grupo.

Tabla 2. Se muestra el número de alumnos para cada grupo.

NÚMERO DE ALUMNOS POR GRUPO			
Grupo control A.	Grupo control B.	Grupo experimental C.	Grupo experimental D.
21	15	16	18

Los temas tratados en la estrategia didáctica, corresponden al programa de estudios vigente del Colegio de Ciencias y Humanidades Biología I, unidad II (¿Cómo se lleva a cabo la regulación, conservación y reproducción de los sistemas vivos?), tema II (procesos de conservación), subtemas 3 y 4 (respiración celular y fermentación, respectivamente).

Los grupos control desarrollaron sus actividades normalmente con sus respectivos profesores titulares, a cada uno de éstos grupos se les aplicó una prueba de conocimientos previos (pre-test), aproximadamente una semana antes de revisar el tema con sus profesores. Posteriormente, se realizó un post-test a los mismos grupos después de revisar el tema con sus profesores titulares con la finalidad de obtener datos comparativos para poder validar la estrategia didáctica propuesta en este trabajo de investigación (anexo 5).

En esa línea, en el caso de los grupos experimentales se aplicó la estrategia didáctica, que constó aproximadamente de 10 horas efectivas de clase, las cuales se distribuyeron en seis sesiones (cuatro de 120 minutos y dos de 60 minutos). Cabe mencionar, que se realizaron dos sesiones extras (aproximadamente 30 minutos cada una) para la aplicación del pre-test y el post-test en cada grupo, mismos que se utilizaron para presentar y acordar las condiciones con las que se llevarían a cabo las sesiones (en el caso del pre-test) y para responder dudas e inquietudes, así como agradecer a los alumnos su participación (en el caso del post-test).

En la figura 2 se muestra la organización secuenciada y el contenido revisado en la estrategia, así como algunos de los instrumentos de evaluación.

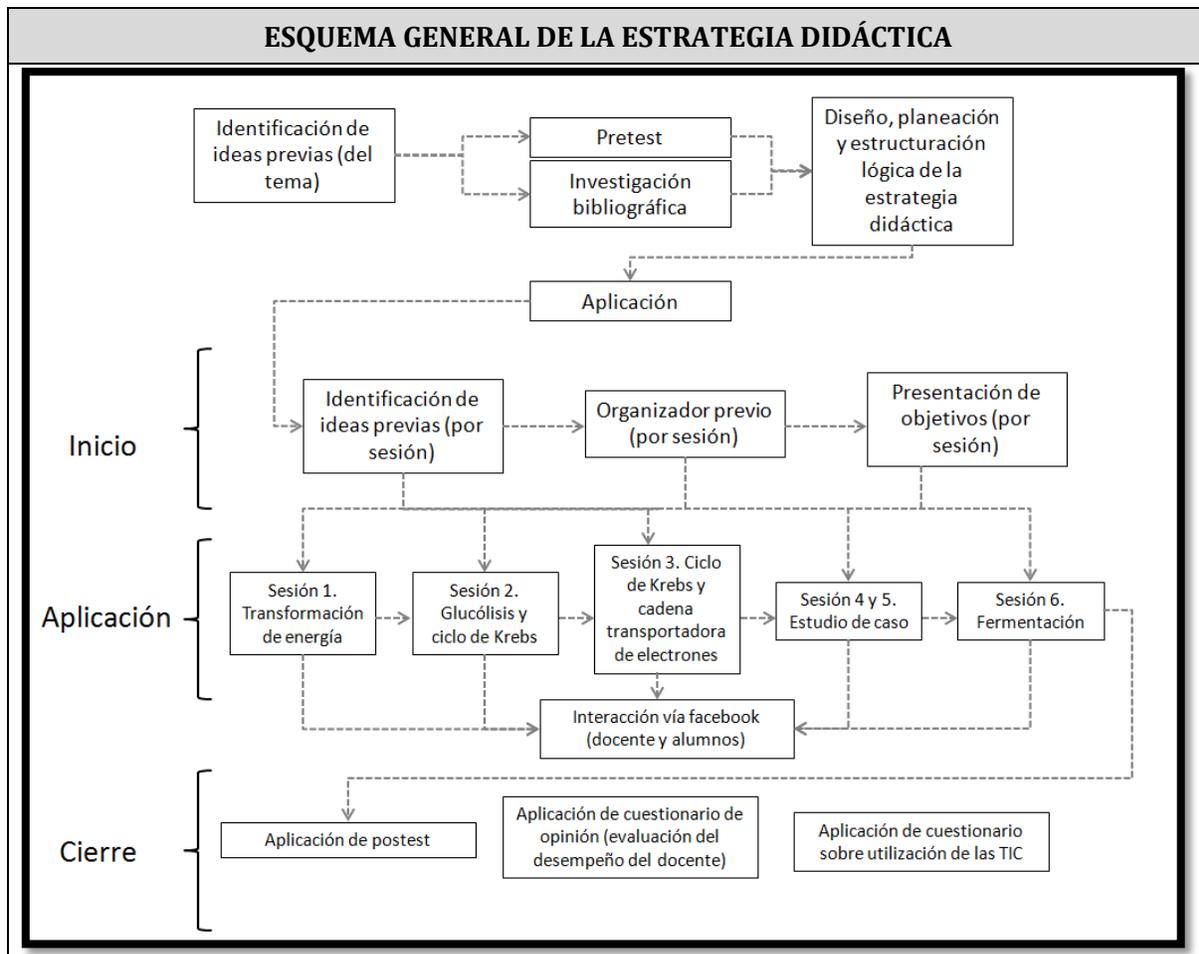


Figura 2. Se muestran las etapas de desarrollo de la estrategia didáctica, así como los momentos de inicio, aplicación y cierre de dicha estrategia. Tomado y modificado de Morales (2008) y López (2007).

6.4 Descripción de la estrategia didáctica

En este inciso se describen las actividades realizadas por los alumnos y el profesor durante los tres momentos (inicio, desarrollo y cierre); al mismo tiempo, se explica detalladamente cada recurso didáctico contenido en la estrategia. Posteriormente, se mencionarán las evidencias obtenidas y el análisis al que fueron sometidas dichas evidencias.

6.4.1 Sesión 1: Tipos de energía y su transformación

Objetivos de aprendizaje:			
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer los tipos de energía más comunes en los sistemas vivos. • Comprender que los sistemas vivos tienen la capacidad de transformar energía. • Entender el concepto de energía y usarlo como puente para entrar al tema de glucólisis. 			
Contenidos	Actividades (momentos)	Materiales y recursos didácticos	Evaluación
<p>Conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Energía. * Transformación de la energía. * El principio de conservación de la energía. * Energía química, cinética y potencial. <p>Procedimentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Obtención de información a través del uso del simulador. * Interpretación de fenómenos representados virtualmente. * Expresión escrita de sus interpretaciones. <p>Actitudinales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Tolerancia a la diversidad de ideas de los compañeros. * Respeto entre pares. * Los alumnos asumirán la transformación de energía como parte de su medio y valorarán la energía que utilizan habitualmente como un recurso. 	<p>Apertura:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Presentación del profesor ante el grupo. * Presentación de los objetivos de la sesión. * Lluvia de ideas sobre tipos de energía. <p>Desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Uso de simulador “tipos de energía” (anexo 12). 1. Elaboración de mapa conceptual (anexo 14). 2. Organización de imágenes en una tabla. 3. Descripción de algunos fenómenos representados en el simulador. <p>Cierre:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Discusión en relación a los objetivos de la sesión. * Contrastar ideas previas con los modelos explicativos generados en clase. * Integración a una red social (Facebook), entre los alumnos y profesor. 	<ul style="list-style-type: none"> * Computadora con sistema operativo Windows (sala de cómputo). * Simulador (anexo 12) (descargado de http://goo.gl/G8GksW). * Plantilla en Power Point que contiene: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mapa conceptual. 2. Actividad para ordenar imágenes. * Pizarrón y marcadores. * Hojas de papel (para realizar una descripción). 	<p>Diagnóstica:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Lluvia de ideas enfocada, a: <ol style="list-style-type: none"> 1. Energía. 2. Tipos de energía. 3. Energía y sistemas vivos y no vivos. <p>Evidencias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Jerarquización y articulación de conceptos. * Clasificación de imágenes representativas de diversos tipos de energía. * Interpretación, argumentación y claridad en una descripción escrita.

6.4.2 Sesión 2: Glucólisis y ciclo de Krebs

Objetivos de aprendizaje:			
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer de manera general el proceso de glucólisis y sus productos. • Conocer de manera general el ciclo de de Krebs y sus productos. • Comprender que la glucólisis es el proceso inicial de la respiración celular y la fermentación. 			
Contenidos	Actividades (momentos)	Materiales y recursos didácticos	Evaluación
<p>Conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Mitocondria. * Biomoléculas (macronutrientes). * ADP. * ATP. * Piruvato. Nicotinamida adenina dinucleótido (NADH). Flavín adenín dinucleótido (FADH₂). * Vías catabólicas. <p>Procedimentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Discusión ordenada (basada en preguntas problematizadoras). * Generación de un modelo material del proceso de glucólisis. * Integración de los conceptos y material visual en un informe. <p>Actitudinales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Trabajo cooperativo. * Trabajo ordenado. * Respeto. 	<p>Apertura:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Presentación de los objetivos de la sesión. * Breve revisión de la sesión anterior por medio de preguntas dirigidas a los alumnos. <p>Desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Exposición-discusión del proceso de glucólisis. * Generación de un modelo representativo del proceso de glucólisis. * Exposición-discusión del proceso de ciclo de Krebs. <p>Cierre:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Preguntas generales sobre los conceptos más importantes, así como reactivos y productos en cada etapa del proceso de respiración celular. * Cuestionar y argumentar el alcance de los objetivos de clase. * Indicaciones para la entrega de un reporte (anexo 15). 	<ul style="list-style-type: none"> * Computadora portátil. * Proyector. * Presentación en Power Point de glucólisis. * Etiquetas NAD⁺. * Etiquetas NADH. * Etiquetas ADP. * Etiquetas ATP. * Bolas de unicel (3 cm. diámetro) pintadas de negro (50). * Bolas de unicel (3 cm. diámetro) pintadas de amarillo (50). * Un paquete de palillos de madera. * Instructivo electrónico (anexo 21). * Presentación en Power Point de ciclo de Krebs. * Rúbrica para la entrega del reporte del modelo (anexo 15). 	<p>Diagnóstica:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Ideas previas desencadenadas por la pregunta: ¿Cómo obtienen energía los sistemas vivos? y ¿Por qué comemos? <p>Evidencias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Fotografías del modelo, presentadas en un informe (entrega posterior).

6.4.3 Sesión 3: Ciclo de Krebs y cadena transportadora de electrones

Objetivos de aprendizaje:			
<ul style="list-style-type: none"> • Entender la función de las coenzimas NADH y FADH₂ y relacionarlo con los complejos de la cadena transportadora de electrones. • Relacionar el gradiente electroquímico con energía potencial y cinética en la síntesis de ATP. • Comprender cómo la energía potencial acumulada en el espacio intermembrana, es aprovechada por la ATPsintetasa para generar energía química en forma de ATP. 			
Contenidos	Actividades (momentos)	Materiales y recursos didácticos	Evaluación
<p>Conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Acetil CoA. * Dióxido de carbono (CO₂). * Gradiente electroquímico. * Oxígeno molecular (O₂). * ATP sintetasa. * Síntesis de ATP. * Protón (H⁺). * Electrón. <p>Procedimentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Expresión oral. * Argumentación. * Interpretación de medios audiovisuales. <p>Actitudinales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Participación. * Interés. * Respeto. 	<p>Apertura:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Presentación de los objetivos de la sesión. * Breve revisión de la sesión anterior por medio de preguntas dirigidas a los alumnos. <p>Desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Exposición-discusión del proceso de ciclo de Krebs (continuación). * Exposición-discusión de la cadena transportadora de electrones. * Visualización grupal de videos (anexo 17) que muestran: <ol style="list-style-type: none"> 1. Generación del gradiente electroquímico. 2. Síntesis de ATP. 3. Resumen de la respiración celular. <p>Cierre:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Resolución de duda e inquietudes sobre el tema. * Discusión (breve) sobre la importancia de la respiración celular. * Indicaciones para la actividad “cuadro comparativo de respiración celular y respiración pulmonar” (anexo 7). 	<ul style="list-style-type: none"> * Gis y pizarrón. * Computadora portátil. * Proyector. * Presentación Power Point de ciclo de Krebs. * Presentación Power Point de cadena transportadora de electrones. * Videos descargados de YouTube (anexo 17). * Actividad cuadro comparativo (fotocopias). 	<p>Diagnóstica:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Ideas previas desencadenadas por preguntas como: ¿Qué función tiene el transporte de electrones?, ¿Qué productos se obtienen del ciclo de Krebs?, ¿Qué tipo de energía representa la acumulación de protones en el espacio intermembranal?, ¿Qué función tiene el O₂? ¿En qué organelo se realiza el ciclo de Krebs y la cadena transportadora de electrones? <p>Evidencias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Resolución del cuadro comparativo (entrega posterior).

6.4.4 Sesión 4 y 5: Aplicación del conocimiento con un estudio de caso

Objetivos de aprendizaje:			
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los conceptos aprendidos en un caso verosímil. • Interactuar de manera ordenada, tolerante y cooperativa en su equipo de trabajo. • Elaborar, interpretar, discutir y argumentar en equipo sus hipótesis. 			
Contenidos	Actividades (momentos)	Materiales y recursos didácticos	Evaluación
<p>Conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Los alumnos aplicarán sus conocimientos a un caso hipotético. * Diversidad biológica y respiración celular. <p>Procedimentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Trabajo colaborativo. * Generación de hipótesis. * Argumentación. * Interpretación de información. * Confrontación de hipótesis mediante evidencias. <p>Actitudinales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Responsabilidad. * Participación. * Respeto. * Interés. * Valorar las explicaciones científicas. 	<p>Apertura:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Presentación de los objetivos de la sesión. * Breve revisión de la sesión anterior por medio de preguntas dirigidas a los alumnos. * Presentación de la actividad y sus fines. <p>Desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Se dan instrucciones de manera general; éstas incluyen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Formar equipos (no más de 5 integrantes) en menos de 5 minutos. 2. Anotar sus datos personales en las carpetas que se les asignarán (individualmente). 3. Leer de manera individual el texto por partes. 4. Resolver las actividades que el texto pida y discutir las con el resto del equipo. 5. Responder el cuestionario de autoevaluación. <p>Cierre:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Se realiza un cierre grupal, resaltando los eventos más importantes del caso. * Se rescatan las hipótesis más relevantes y/o más mencionadas por los alumnos. * Se reitera que existe una diversidad de organismos que también obtienen su energía por respiración celular. 	<ul style="list-style-type: none"> * Gis y pizarrón. * Estudio de caso (impreso, anexo 19). 	<p>Diagnóstica:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Ideas previas desencadenadas por preguntas como: ¿Por qué muere un organismo que deja de respirar? ¿Sólo los animales respiramos? <p>Evidencias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Método de caso resuelto. * Cuestionario de autoevaluación.

6.4.5 Sesión 6: Fermentación

Objetivos de aprendizaje:			
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer de manera general el proceso de fermentación y sus productos. • Reconocer la fermentación como un proceso catabólico que no requiere oxígeno. • Conocer la importancia económica de los productos de la fermentación. • Comparar los procesos de respiración celular y fermentación. 			
Contenidos	Actividades (momentos)	Materiales y recursos didácticos	Evaluación
<p>Conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Piruvato. * Lactato. * Alcohol. * Diversidad biológica y fermentación. <p>Procedimentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Expresión oral. * Argumentación. <p>Actitudinales:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Participación. * Respeto. 	<p>Apertura:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Presentación de los objetivos de la sesión. * Breve revisión del proceso de glucólisis por medio de preguntas dirigidas a los alumnos. <p>Desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Exposición-discusión del proceso de fermentación. <p>Cierre:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Se realiza una discusión sobre los conceptos más relevantes de la glucólisis. * Se enfatiza la diferencia entre respiración celular y fermentación. * Se reciben los trabajos pendientes y se agradece a los estudiantes por participar en la intervención. 	<ul style="list-style-type: none"> * Gis y pizarrón. * Computadora portátil. * Proyector. * Presentación Power Point de ciclo de Krebs. 	<p>Diagnóstica:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Lluvia de ideas enfocada a la fermentación. <p>Evidencias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Videograbación.

6.5 Instrumentos de evaluación y recopilación de datos

Se utilizaron diversos instrumentos de evaluación que permitieron ubicar el desempeño de los estudiantes y del docente, así como la eficacia y pertinencia de la estrategia didáctica. Adicionalmente, se recopilaron algunos datos sobre el uso cotidiano de las TIC, como los hábitos de uso de las redes sociales; ya que durante la aplicación de la estrategia didáctica se utilizaron recursos como internet, animaciones, simulaciones por computadora e interacción por Facebook.

6.5.1 Instrumentos de evaluación cuantitativa

Con la finalidad de encontrar diferencias entre el momento pre-test y el post-test, así como contrastar los grupos experimentales y control, se diseñó un instrumento de evaluación tipo prueba. Ésta prueba consistió en 12 preguntas de opción múltiple y 3 preguntas abiertas, que incluyen los conceptos más relevantes de la estrategia. En la siguiente tabla se muestran los reactivos y su objetivo (o justificación).

Tabla 3. Se observan las preguntas realizadas en el pre-test y post-test. Las preguntas 1, 2, 4, 5, 8, 9, 11, 12 y 15 fueron elaboradas por el investigador responsable del proyecto; las preguntas 3, 13 y 14 se tomaron de la sección de autoevaluación de Solomon *et al.* (2008); las preguntas 7 y 10 fueron tomadas de la sección de autoevaluación del tema respiración de la editorial Pearson Education, Inc. (<http://goo.gl/zMQTYI>).

PREGUNTAS DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA			
Número de pregunta	Tipo de pregunta	Pregunta	Justificación
1	Opción múltiple/ Abierta	¿Qué tipo de energía es la más importante en una célula? Explica tu respuesta.	Conocer qué tipo de energía consideraban ser más importante con su respectiva argumentación. Tomando en cuenta que un organismo vivo requiere obtener y almacenar su energía en forma de enlaces químicos (Solomon <i>et al.</i> , 2008).
2	Opción múltiple	¿Cuáles son los macronutrientes (biomoléculas) que aportan energía en la respiración celular?	Averiguar si los alumnos podían reconocer qué biomoléculas (de las opciones) aportan energía en el sustento de un organismo (Audesirk <i>et al.</i> , 2008; Latham, 2002).
3	Opción múltiple	¿Durante qué etapa de la respiración celular la glucosa se degrada a piruvato?	Las opciones de la pregunta muestran de forma general las etapas que componen el proceso de respiración celular. Se buscó que los alumnos identificaran esta etapa por su principal producto; es decir, la obtención de piruvato a partir de la degradación de la glucosa (Pearson, S/A; Solomon <i>et al.</i> , 2008).
4	Opción múltiple	Las moléculas NADH y FADH ₂ , son muy importantes en el ciclo de Krebs ¿Cuál es la función de éstas dos moléculas?	Se pretendió que los alumnos reconocieran la función de NADH y FADH ₂ en el proceso de respiración celular; ya que éstos son los transportadores que donan electrones a la cadena transportadora de electrones.
5	Opción múltiple	¿Qué molécula es el producto energético final en la respiración celular?	Se buscó que los alumnos reconocieran al ATP, como la molécula donde todas las células almacenan temporalmente energía (Solomon <i>et al.</i> , 2008).
6	Opción múltiple	¿Cuál es la función primordial del oxígeno molecular (O ₂) y en qué etapa del proceso de respiración celular interviene?	Con esta pregunta se pretendió hacer evidente si los alumnos reconocían la función del O ₂ , y si reconocían la etapa donde se realiza (Pearson, S/A). Con base en la revisión documental previa, los alumnos no reconocen con facilidad la función del O ₂ (García, 1991).

7	Opción múltiple	En células eucariotas ¿Dónde se produce la mayor cantidad de ATP?	En esta pregunta se proponen diferentes organelos celulares para identificar si los alumnos reconocen en cuál de ellos se lleva a cabo el proceso de respiración celular (Pearson, S/A).
8	Abierta	Menciona al menos dos diferencias entre respiración pulmonar y respiración celular.	Se buscó que los alumnos pudieran mencionar diferencias entre respiración celular (proceso catabólico en el que una molécula como la glucosa se degrada hasta CO ₂ y agua obteniendo energía en forma de ATP) y respiración (intercambio gaseoso para la obtención de O ₂ , cuyo órgano, en este caso son los pulmones). Se pretendió que los alumnos relacionaran el proceso de respiración celular e intercambio gaseoso (ventilación o respiración pulmonar), a partir de sus diferencias (Audesirk <i>et al.</i> , 2008).
9	Opción múltiple	Cuando el oxígeno está ausente, algunos organismos pueden obtener energía de la glucosa a partir de otro proceso ¿Cuál es éste proceso?	Se pretendió que los alumnos reconocieran que existen en diversos tipos celulares vías alternas para la obtención de energía; específicamente en ausencia de oxígeno.
10	Opción múltiple	¿Qué tipo de energía representa la alta concentración de protones en el interior de la matriz mitocondrial?	Se trató de verificar, si los alumnos relacionaban y comprendían el fundamento en la síntesis de ATP en el gradiente electroquímico generado por los protones acumulados en el espacio intermembranal de la mitocondria (Pearson, S/A).
11	Opción múltiple	¿En qué parte de la célula se produce la glucólisis?	Se buscó que los alumnos ubicaran que el proceso de glucólisis ocurre en el citoplasma.
12	Opción múltiple	¿Cuáles son los reactivos más esenciales para que la respiración celular se dé?	En esta pregunta se pretendía que los alumnos discriminaran entre los reactivos (sustancias que participan en una reacción) y los productos obtenidos en el proceso de respiración celular.
13	Opción múltiple	¿Cuál de las siguientes secuencias de flujo de energía es común en toda la respiración celular, comenzando con la energía almacenada en la glucosa?	Se trató de verificar si los alumnos recordaban la secuencia en la que el proceso se lleva a cabo, aludiendo a los principales componentes ordenados en una secuencia lógica. (Solomon <i>et al.</i> , 2008)
14	Abierta	Las reacciones de la glucólisis son idénticas en TODOS los organismos que obtienen energía a partir	Con esta pregunta se pretendió que los alumnos argumentaran con razonamiento crítico, respecto a la universalidad del proceso de glucólisis. En ese sentido, se

		del catabolismo (degradación) de la glucosa: procariontes, protistas, hongos, plantas y animales. ¿Qué sugiere esta universalidad sobre la evolución de la glucólisis?	buscó una respuesta con un enfoque evolucionista que sugiriera la descendencia común entre los diversos reinos (Solomon <i>et al.</i> , 2008).
15	Abierta	Con tus palabras define Respiración celular.	Se buscó que los alumnos redactaran los eventos que fueran más representativos para ellos, así como estructuras, función y obtención de productos; siendo de gran relevancia la obtención de ATP en dicho proceso.

6.5.2 Instrumentos de evaluación cualitativa

Para la evaluación cualitativa se utilizaron diversos instrumentos, mismos que tratan de hacer explícito el aprendizaje de los alumnos. En ese sentido, se conformó un portafolio para cada alumno, compuesto por evidencias electrónicas y materiales como cuadros, método de caso, descripciones, entre otras; los cuales fueron evaluados individualmente con base en rúbricas diseñada por el profesor (anexo 18). En esa misma línea, la evaluación de habilidades y actitudes se realizó principalmente con base en evaluaciones informales (observaciones del docente), apoyado con las videograbaciones realizadas de todas las sesiones en los grupos experimentales.

6.5.3 Instrumentos de recopilación de datos

Se diseñaron dos instrumentos para recopilar datos; el primero de ellos fue el cuestionario de opinión, donde los alumnos podían expresar opiniones y propuestas sobre el desempeño del docente (anexo 20). El segundo instrumento se enfocó en encontrar información sobre el uso y hábitos que los alumnos le dan a las TIC, sobre todo al uso de redes sociales como Facebook.

6.6 Análisis estadístico

Con el fin de validar la estrategia didáctica desde un paradigma cuantitativo, se procedió a realizar pruebas estadísticas en los resultados obtenidos del diseño experimental pre-test, intervención, post-test, en los 4 grupos (2 experimentales y 2 control).

Las pruebas estadísticas se realizaron dependiendo de los parámetros de los datos; siendo utilizada la prueba t de dos colas con datos pareados o no pareados y adicionalmente una comparativa entre medias. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software GraphPad PRISM (prueba t de Student, pruebas independientes y pruebas pareadas de dos colas, intervalos de confianza 95%, GraphPad Prism versión 5.03 para Windows, GraphPad Software, San Diego California USA, www.graphpad.com).

6.6.1 Prueba t con datos pareados

Se utilizó la prueba t de dos colas (H_0 las medias son estadísticamente iguales; H_a las medias son estadísticamente diferentes) para comparar las medias obtenidas por los mismos alumnos en dos momentos diferentes (pre-test y post-test) para cada pregunta. Al tener una población pequeña en cada grupo, la prueba t con datos pareados resulta ser la más adecuada para verificar si la intervención entre los dos momentos ha tenido influencia o no (Gómez *et al.*, 2012).

6.6.2 Prueba t con datos no pareados (muestras independientes)

Como primera aproximación y para garantizar que los grupos partieran con conocimientos de tipo conceptuales homogéneos, se realizó una comparación de medias aritméticas grupales; para realizarla se sumaron las calificaciones obtenidas en el pre-test de todos los alumnos de cada grupo y se dividió entre el número de alumnos de cada grupo, obteniendo como resultado una calificación grupal con un rango de 0 puntos como mínimo y 10 puntos como máximo (tabla 4).

Para comparar las medias de los puntajes obtenidos en los 4 grupos se utilizó la prueba t de dos colas (H_0 las medias son estadísticamente iguales; H_a las medias son estadísticamente diferentes). Se compararon a los diferentes grupos en dos conjuntos diferentes (pre-test y post-test), para comprobar si la aplicación de la estrategia resultó favorable en los grupos experimentales en contraste con los grupos control (post-test) y para verificar si existió diferencia estadística significativa entre los grupos antes de la aplicación de la estrategia didáctica (pre-test). Cabe mencionar que para que la prueba t sea válida entre grupos con datos independientes, es importante que las varianzas de ambos grupos contrastados sean homogéneas o estadísticamente iguales (Fernández *et al.*, 2011; Gómez *et al.*, 2012). Por lo tanto, se realizaron (respectivamente) pruebas de F de Levene, para comprobar varianzas homogéneas en cada prueba.

CAPÍTULO VII: RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la aplicación del pre-test y el post-test en los grupos control y experimentales para cada pregunta. También se muestran los resultados obtenidos de manera grupal y se realiza una comparativa entre los grupos experimentales y control para encontrar diferencias atribuibles a la intervención con la estrategia didáctica. Por otro lado, se muestran algunas evidencias que hacen explícito el proceso de aprendizaje de los alumnos a los que se les aplicó la estrategia didáctica, resultados que por su naturaleza cualitativa son interpretados y valorados en el capítulo de análisis de resultados.

7.1 Comparación de medias aritméticas del pre-test

Con la finalidad de conocer si los alumnos de todos los grupos tenían conocimientos previos similares, se realizó un comparativo entre las medias obtenidas en cada grupo, correspondiente a la aplicación del pre-test.

La comparación de medias se realizó sumando la calificación obtenida individualmente (del pre-test) y dividiéndola entre el número total de estudiantes por grupo (tabla 4). En la tabla 21 se confirma que no existió diferencia estadística significativa con una prueba t de Student entre todos los grupos en el momento pre-test.

Tabla 4. Se muestran las medias aritméticas del pre-test obtenidas en cada grupo en escala de 10 puntos.

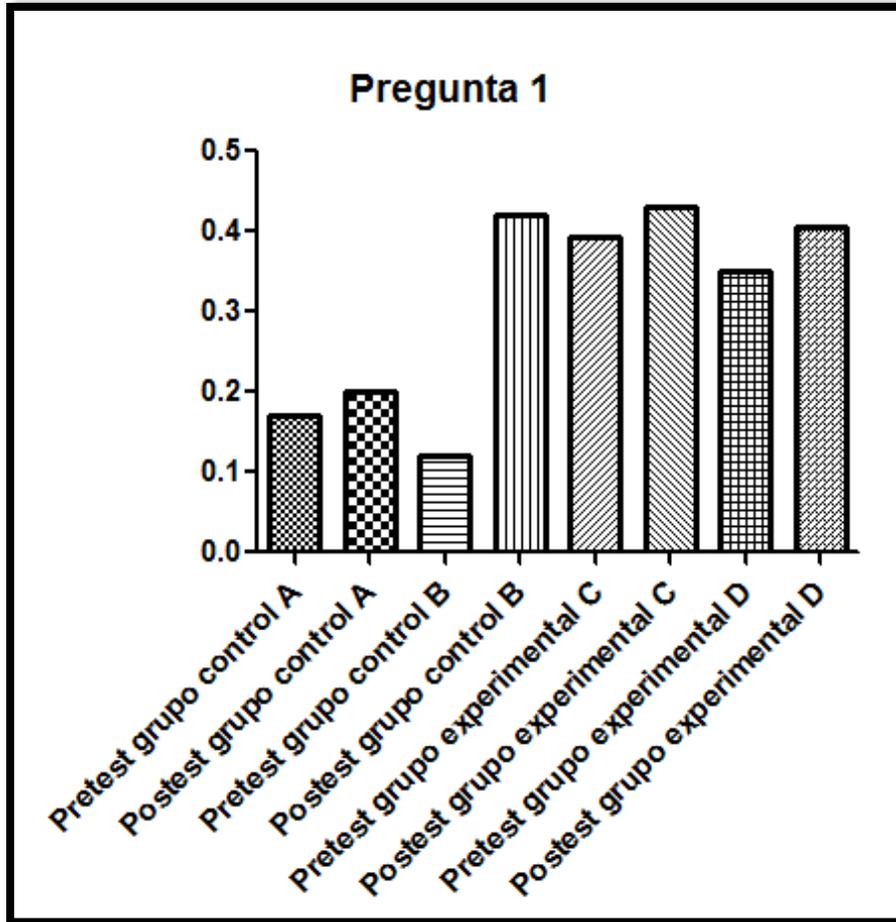
PUNTAJE OBTENIDO EN EL PRE-TEST POR GRUPO			
Media del grupo control A	Media del grupo control B	Media del grupo experimental C	Media del grupo experimental D
59.7/21	42.3/15	49/16	61.7/18
2.84 puntos	2.82 puntos	3.06 puntos	3.42 puntos

7.2 Resultados del pre-test y post-test

En este inciso, se presentan los resultados obtenidos en la aplicación de las pruebas previas a la aplicación (pre-test) y posteriores a la misma (post-test), para cada una de las preguntas. El valor numérico manejado en las preguntas de opción múltiple es de 0.6, mientras que el de preguntas abiertas es de 1.0; éstos valores se deben a que la sumatoria total de los reactivos es de aproximadamente 10 puntos, donde 12 preguntas de opción múltiple con valor de 0.6 arroja 7.2 puntos ($0.6 \times 12 = 7.2$) y 3 preguntas abiertas cuyo valor es de 1.0 puntos arroja 3 puntos ($1.0 \times 3 = 3$).

En las siguientes gráficas aparecen las medias de las respuestas obtenidas por grupo (pre-test y post-test) en forma de barra. En el pie de gráfica se aprecia la pregunta realizada a los alumnos y el valor de la pregunta.

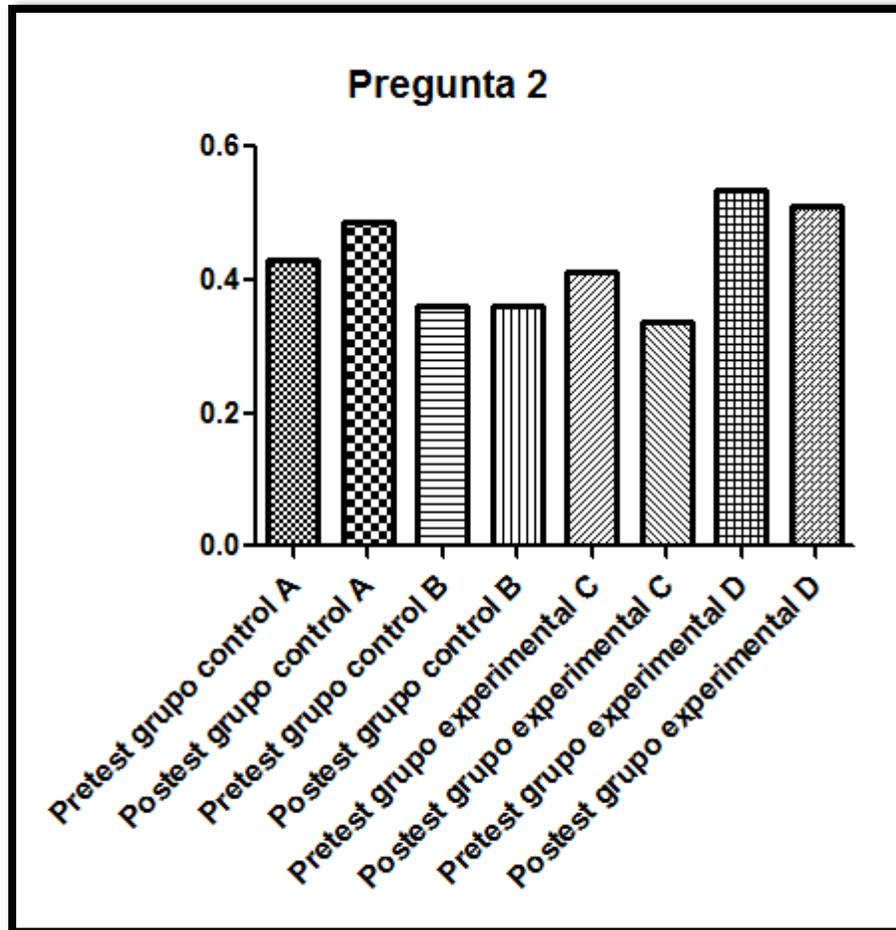
En las tablas se muestran los datos obtenidos en una contrastación de medias entre el mismo grupo en un momento determinado (pre-test y post-test), a través de una prueba t de dos colas de muestras pareadas, así como el porcentaje de preguntas acertadas por grupo.



Gráfica 1. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.5 para la pregunta: ¿Qué tipo de energía es la más importante en una célula? Explica tu respuesta. El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 5. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 1 (muestras pareadas).

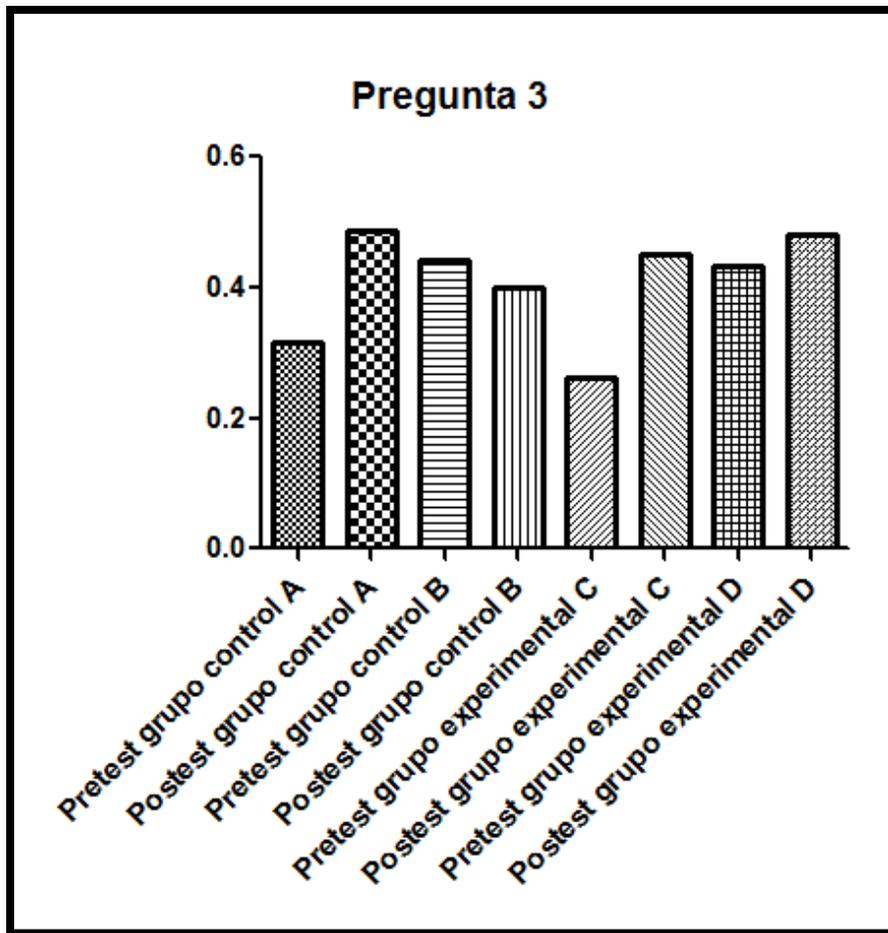
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 1 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	33% (7/21)	33% (7/21)	No	0.5402
	B (N=15)	20% (3/15)	73% (11/15)	Sí	0.0017
TRATAMIENTO	C (N=16)	68% (11/16)	81% (13/16)	No	0.5805
	D (N=18)	72% (13/18)	83% (15/18)	No	0.6952



Gráfica 2. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: ¿Cuáles son los macronutrientes (biomoléculas) que aportan energía en la respiración celular? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 6. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 2 (muestras pareadas).

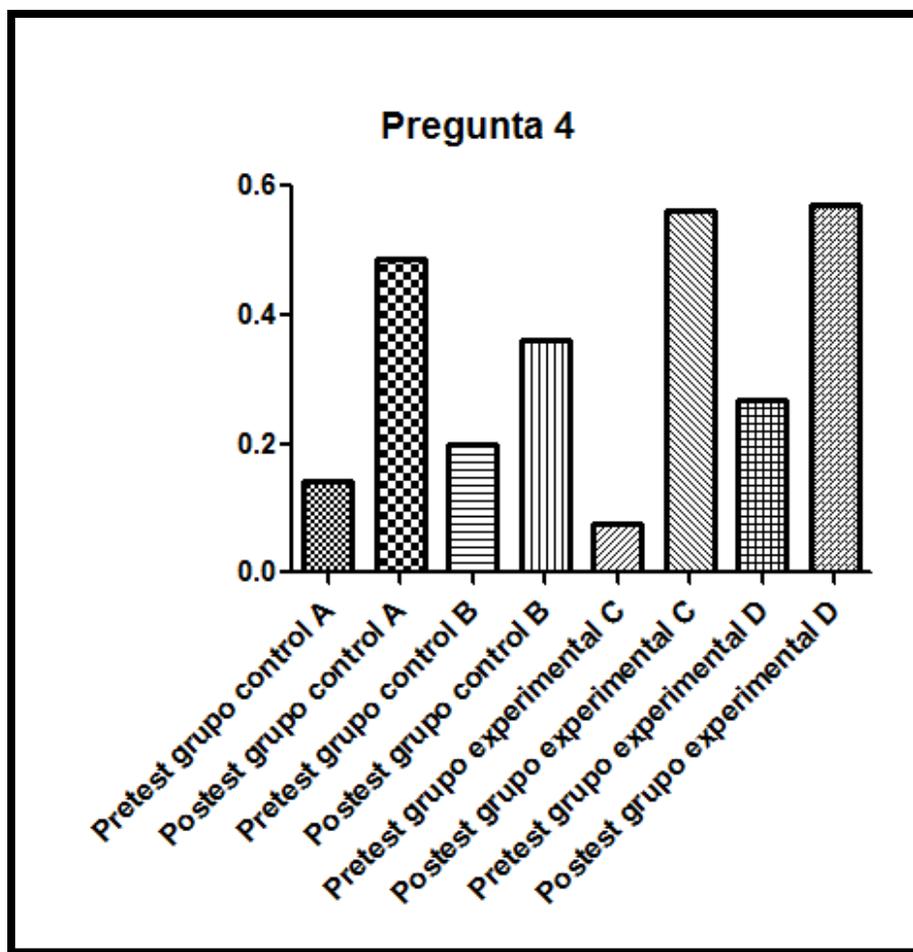
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 2 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	71% (15/21)	80% (17/21)	No	0.4930
	B (N=15)	60% (9/15)	60% (9/15)	No	1.0
TRATAMIENTO	C (N=16)	68% (11/16)	56% (9/16)	No	0.4320
	D (N=18)	88% (16/18)	83% (15/18)	No	0.6676



Gráfica 3. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: ¿Durante qué etapa de la respiración celular la glucosa se degrada a piruvato? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 7. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 3 (muestras pareadas).

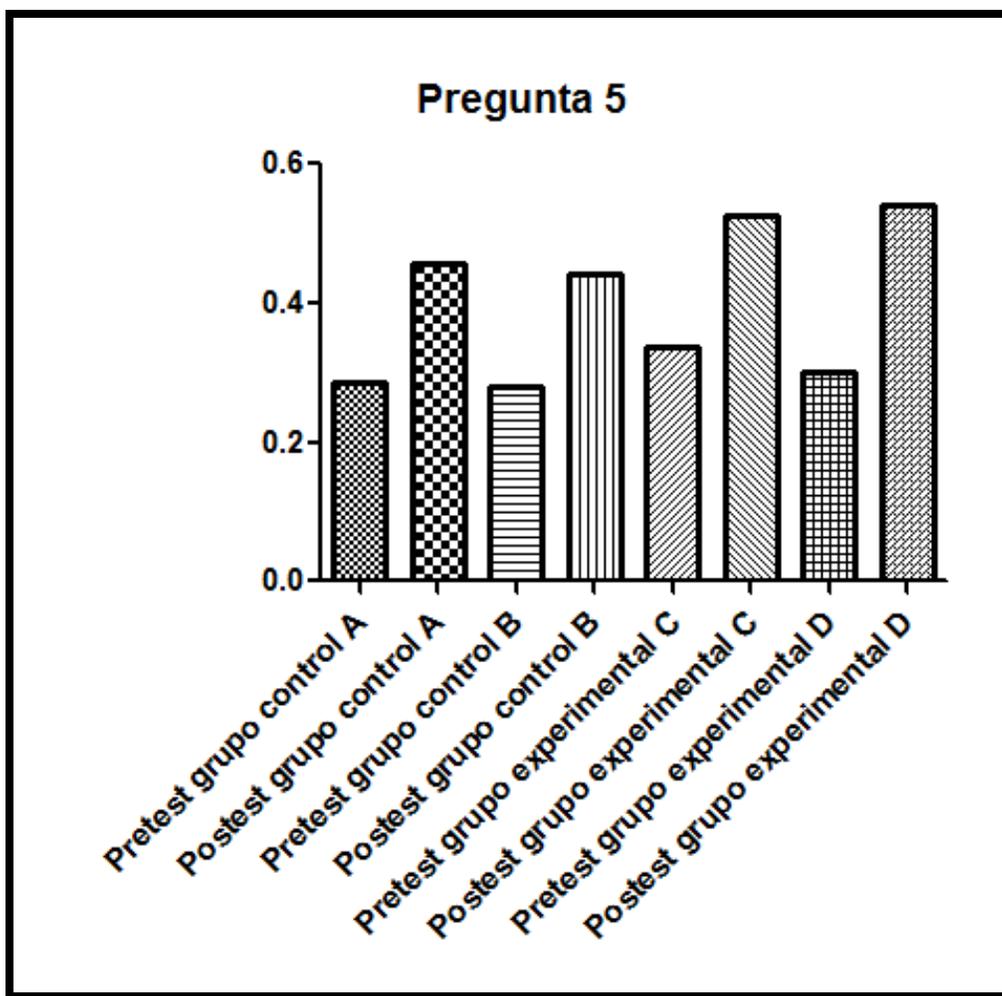
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 3 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	52% (11/21)	80% (17/21)	No	0.0554
	B (N=15)	73% (11/15)	66% (10/15)	No	0.6702
TRATAMIENTO	C (N=16)	43% (7/16)	75% (12/16)	No	0.1359
	D (N=18)	72% (13/18)	83% (15/18)	No	0.4953



Gráfica 4. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: Las moléculas NADH y FADH₂, son muy importantes en el ciclo de Krebs ¿Cuál es la función de éstas dos moléculas? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 8. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 4 (muestras pareadas).

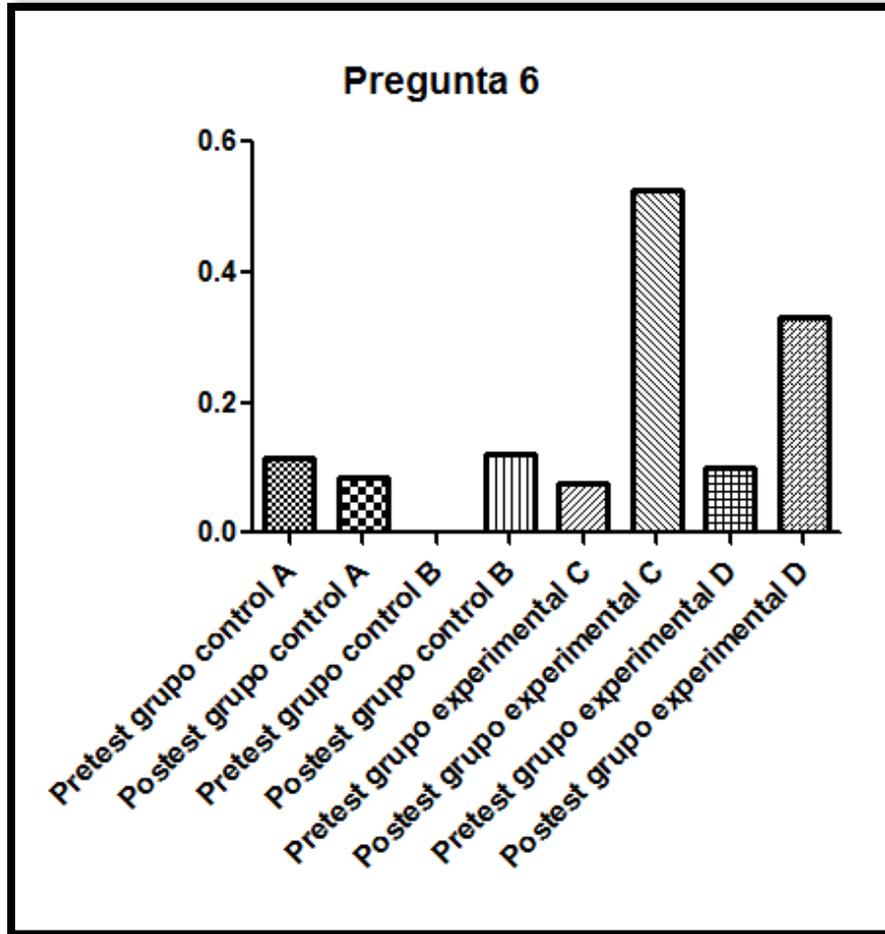
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 4 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P <0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	23% (5/21)	80% (17/21)	Sí	0.0003
	B (N=15)	33% (5/15)	60% (9/15)	No	0.1038
TRATAMIENTO	C (N=16)	12% (2/16)	93% (15/16)	Sí	<0.0001
	D (N=18)	44% (8/18)	94% (17/18)	Sí	0.0032



Gráfica 5. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: ¿Qué molécula es el producto energético final en la respiración celular? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 9. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 5 (muestras pareadas).

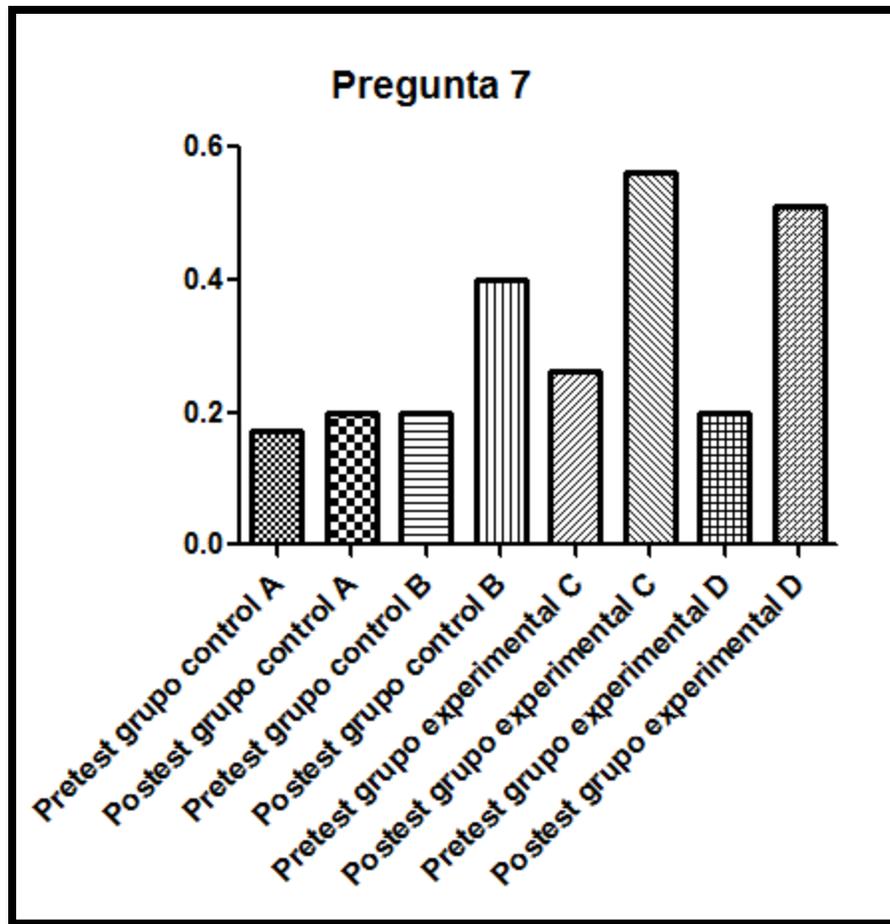
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 5 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	47% (10/21)	76% (16/21)	No	0.0554
	B (N=15)	46% (7/15)	73% (11/15)	No	0.1643
TRATAMIENTO	C (N=16)	56% (9/16)	87% (14/16)	No	0.0556
	D (N=18)	50% (9/18)	88% (16/18)	Sí	0.0043



Gráfica 6. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: ¿Cuál es la función primordial del oxígeno molecular (O_2) y en qué etapa del proceso de respiración celular interviene? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 10. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 6 (muestras pareadas).

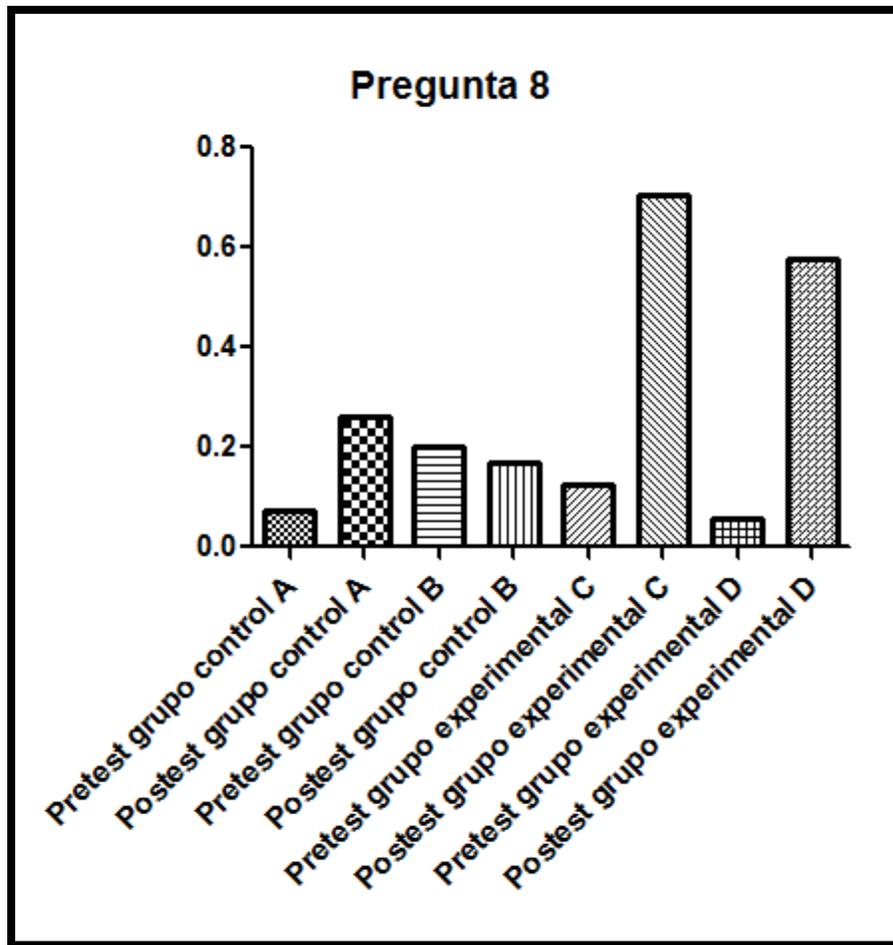
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 6 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	19% (4/21)	14% (3/21)	No	0.6657
	B (N=15)	0% (0/15)	20% (3/15)	No	0.0824
TRATAMIENTO	C (N=16)	12% (2/16)	87% (14/16)	Sí	<0.0001
	D (N=18)	16% (3/18)	61% (11/18)	Sí	0.0070



Gráfica 7. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: En células eucariotas ¿Dónde se produce la mayor cantidad de ATP? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 11. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 7 (muestras pareadas).

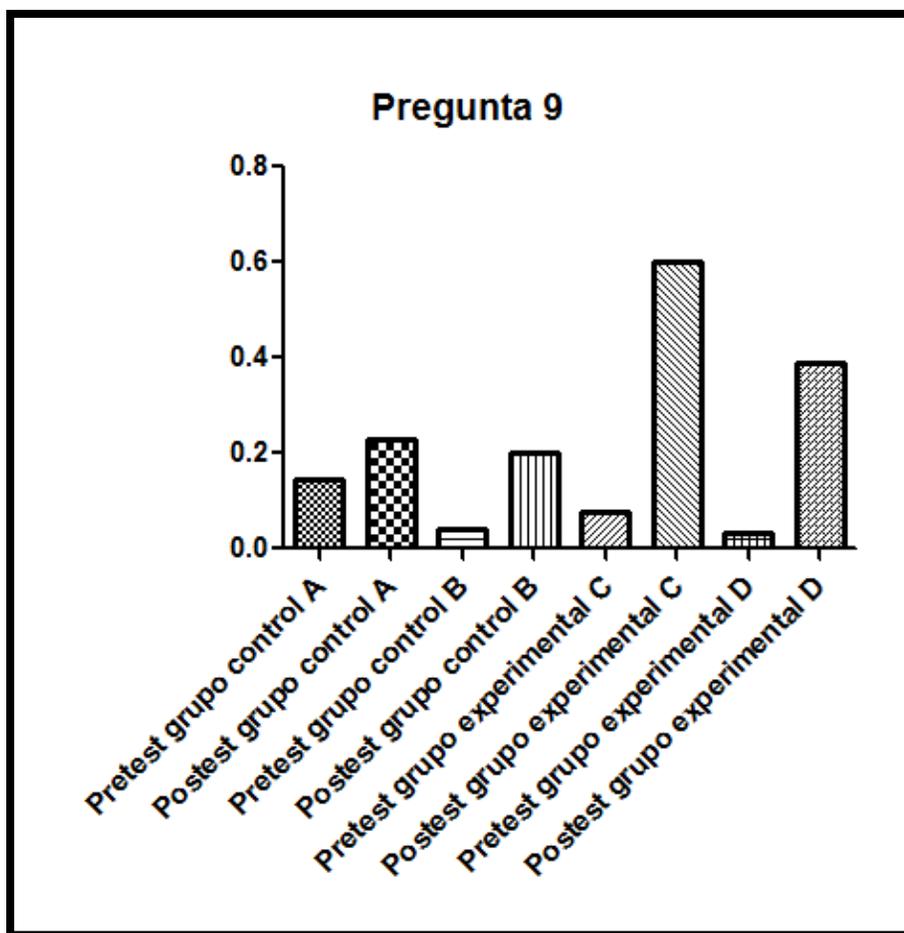
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 7 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	28% (6/21)	33% (7/21)	No	0.7152
	B (N=15)	33% (5/15)	66% (10/15)	No	0.0552
TRATAMIENTO	C (N=16)	43% (7/16)	93% (15/16)	Sí	0.0064
	D (N=18)	33% (6/18)	83% (15/18)	Sí	0.0007



Gráfica 8. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.8 para la pregunta: Menciona al menos dos diferencias entre respiración pulmonar y respiración celular. El valor máximo fue de 1 punto.

Tabla 12. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 8 (muestras pareadas).

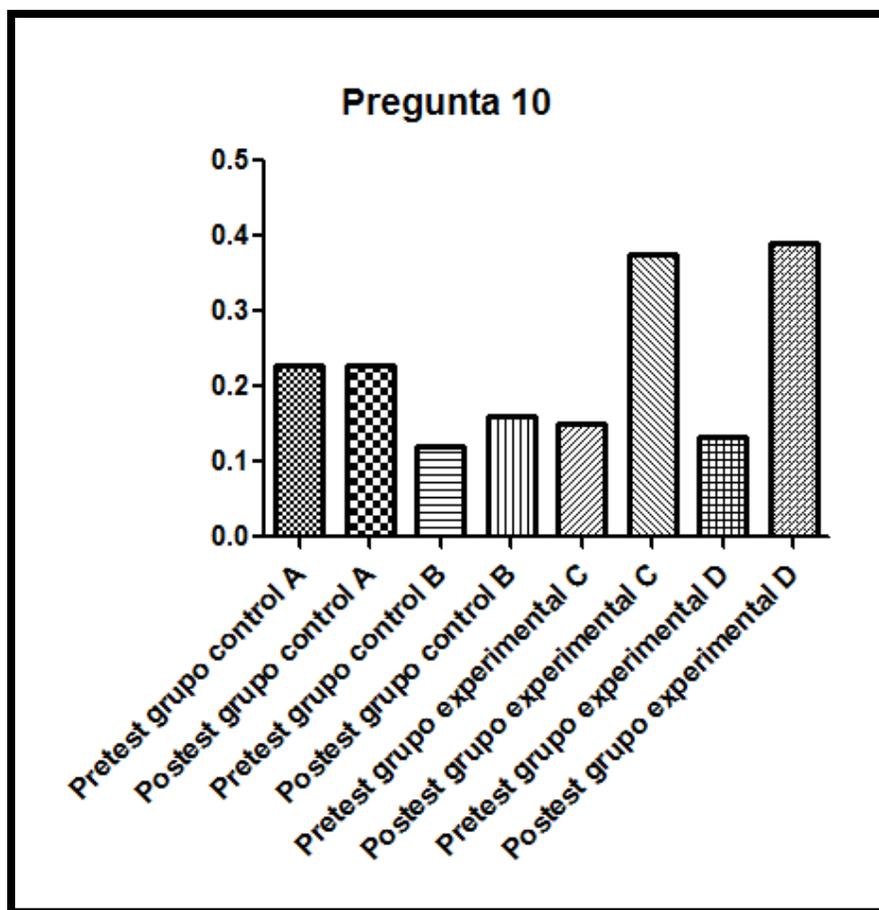
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 8 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P <0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	% (3/21)	% (8/21)	Sí	0.0423
	B (N=15)	% (5/15)	% (5/15)	No	0.6702
TRATAMIENTO	C (N=16)	% (4/16)	% (13/16)	Sí	<0.0001
	D (N=18)	% (2/18)	% (12/18)	Sí	<0.0001



Gráfica 9. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.8 para la pregunta: Cuando el oxígeno está ausente, algunos organismos pueden obtener energía de la glucosa a partir de otro proceso ¿Cuál es éste proceso? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 13. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 9 (muestras pareadas).

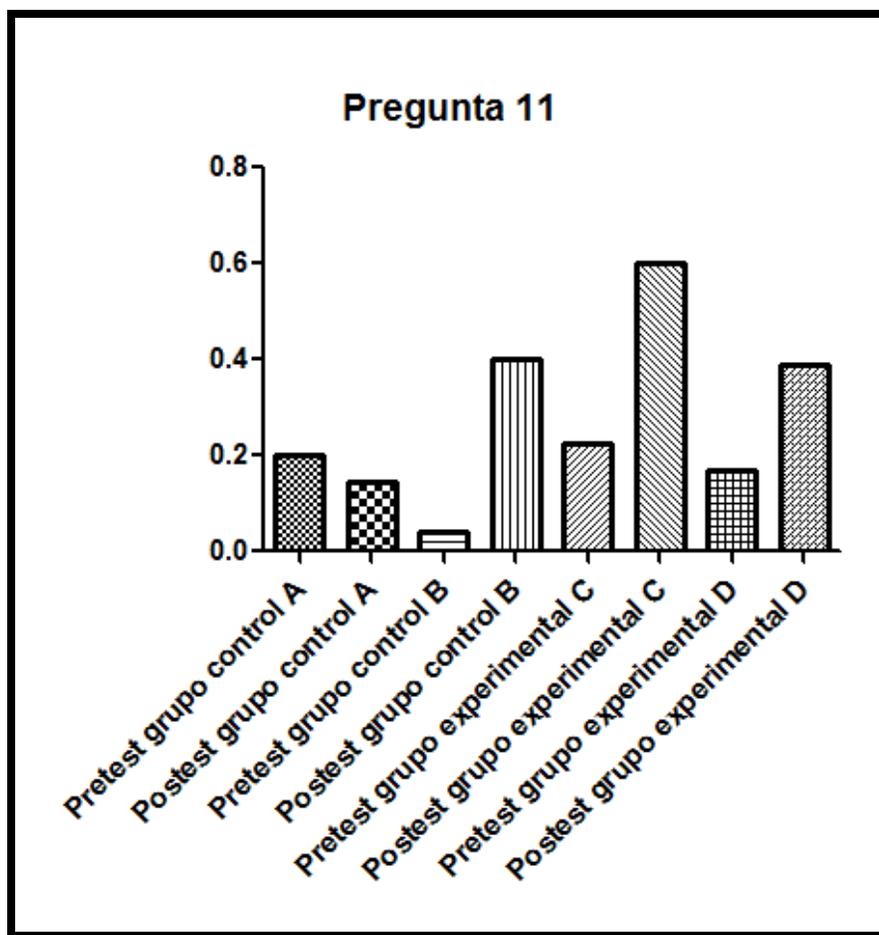
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 9 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P <0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	23% (5/21)	38% (8/21)	No	0.1861
	B (N=15)	6% (1/15)	33% (5/15)	Sí	0.0406
TRATAMIENTO	C (N=16)	12% (2/16)	100% (16/16)	Sí	<0.0001
	D (N=18)	5% (1/18)	72% (13/18)	Sí	<0.0001



Gráfica 10. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.5 para la pregunta: ¿Qué tipo de energía representa la alta concentración de protones en el interior de la matriz mitocondrial? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 14. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 10 (muestras pareadas).

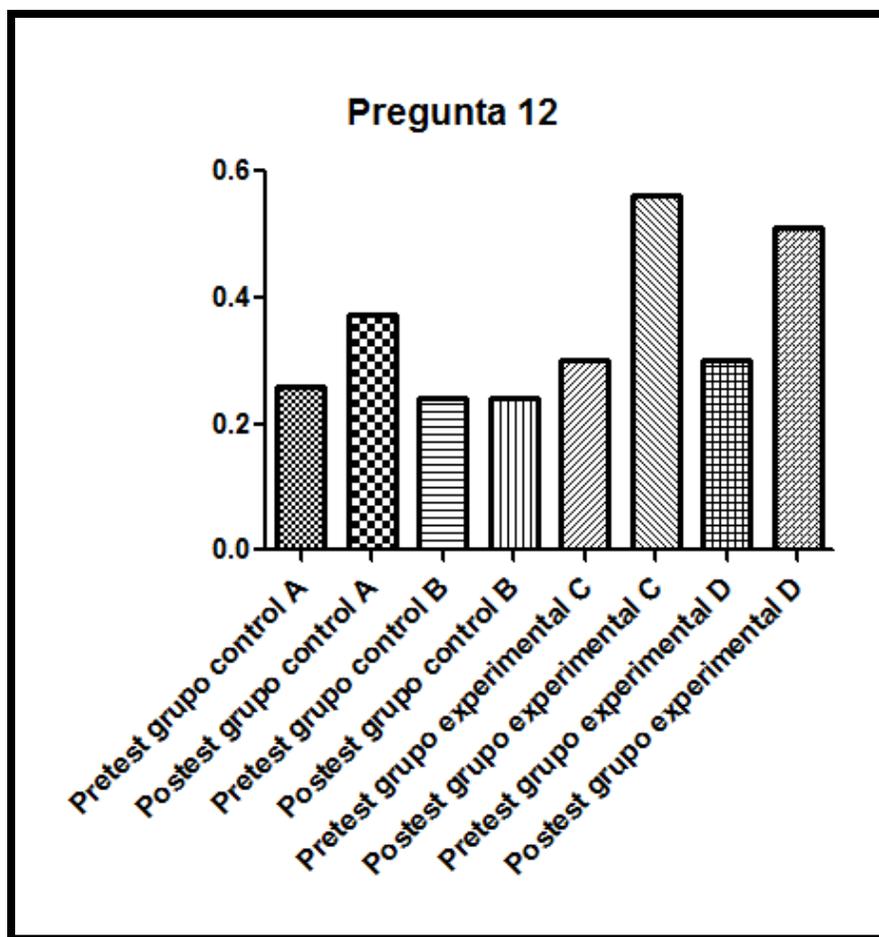
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 10 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	38% (8/21)	38% (8/21)	No	1.0
	B (N=15)	20% (3/15)	26% (4/15)	No	0.6702
TRATAMIENTO	C (N=16)	25% (4/16)	62% (10/16)	Sí	0.0285
	D (N=18)	22% (4/18)	68% (11/16)	Sí	0.0043



Gráfica 11. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.8 para la pregunta: ¿En qué parte de la célula se produce la glucólisis? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 15. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 11 (muestras pareadas).

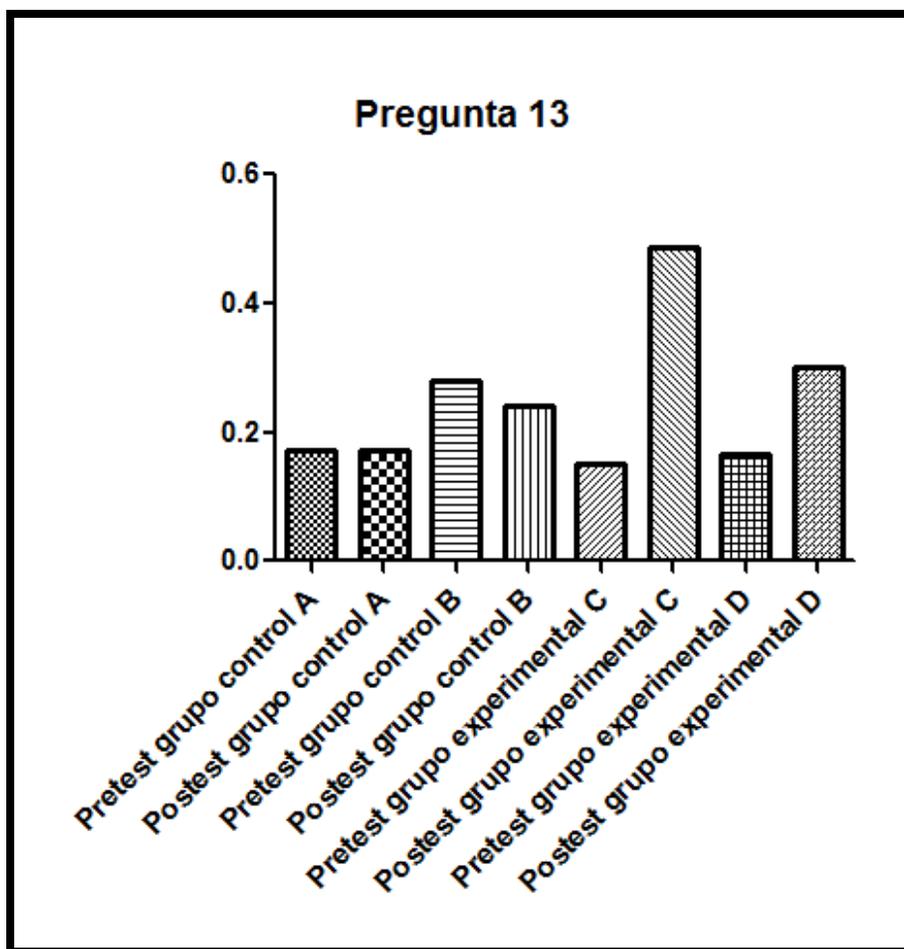
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 11 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P <0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	33% (7/21)	23% (5/21)	No	0.5402
	B (N=15)	6% (1/15)	66% (10/15)	Sí	0.0004
TRATAMIENTO	C (N=16)	37% (6/16)	100% (16/16)	Sí	0.0002
	D (N=18)	27% (5/18)	72% (13/18)	Sí	0.0018



Gráfica 12. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: ¿Cuáles son los reactivos más esenciales para que la respiración celular se dé? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 16. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 12 (muestras pareadas).

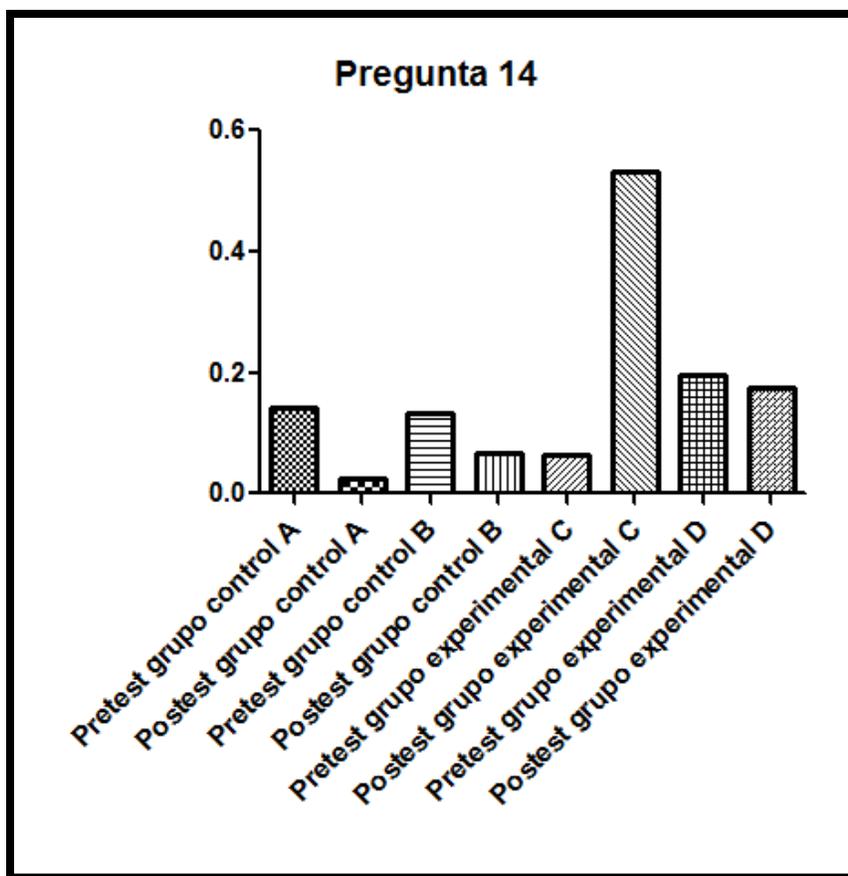
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 12 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P <0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	% (9/21)	% (13/21)	No	0.1623
	B (N=15)	% (6/15)	% (6/15)	No	1.0
TRATAMIENTO	C (N=16)	% (8/16)	% (15/16)	Sí	0.0038
	D (N=18)	% (9/18)	% (16/18)	Sí	0.0043



Gráfica 13. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: ¿Cuál de las siguientes secuencias de flujo de energía es común en toda la respiración celular, comenzando con la energía almacenada en la glucosa? El valor máximo fue de 0.6 puntos.

Tabla 17. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 13 (muestras pareadas).

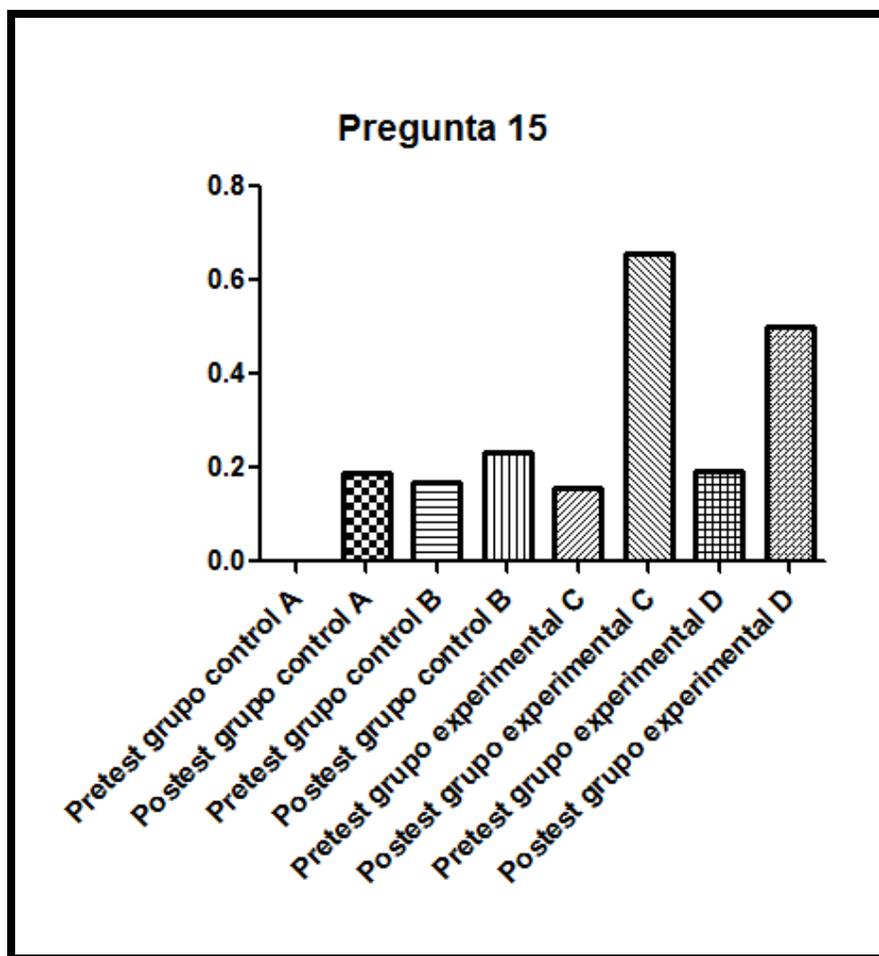
% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 13 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	28% (6/21)	28% (6/21)	No	1.0
	B (N=15)	46% (7/15)	40% (6/15)	No	0.7192
TRATAMIENTO	C (N=16)	25% (4/16)	81% (13/16)	Sí	0.0005
	D (N=18)	27% (5/18)	55% (10/18)	No	0.0560



Gráfica 14. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.6 para la pregunta: Las reacciones de la glucólisis son idénticas en TODOS los organismos que obtienen energía a partir del catabolismo (degradación) de la glucosa: procariontes, protistas, hongos, plantas y animales. ¿Qué sugiere esta universalidad sobre la evolución de la glucólisis? El valor máximo fue de 1 punto.

Tabla 18. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 14 (muestras pareadas).

% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 14 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	14% (3/21)	4% (1/21)	No	0.0961
	B (N=15)	13% (2/15)	6% (1/15)	No	0.5816
TRATAMIENTO	C (N=16)	6% (1/16)	56% (9/16)	Sí	0.0019
	D (N=18)	22% (4/18)	22% (4/18)	No	1.0



Gráfica 15. Indica la media de las respuestas esperadas en una escala de 0 a 0.8 para la pregunta: Con tus palabras define Respiración celular. El valor máximo fue de 1 punto.

Tabla 19. Se muestran los porcentajes de aciertos de cada grupo en el pre-test y post-test, además se exponen los resultados de las pruebas t de dos colas en las medias del pre-test y post-test de la pregunta 15 (muestras pareadas).

% DE ACIERTOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS PREGUNTA 15 (PRE-TEST VS. POST-TEST)					
TIPO DE GRUPO	GRUPOS	% DE PREGUNTAS ACERTADAS PRE-TEST	% DE PREGUNTAS ACERTADAS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P
CONTROL	A (N=21)	0% (0/21)	28% (6/21)	Sí	0.0168
	B (N=15)	33% (5/15)	40% (6/15)	No	0.4332
TRATAMIENTO	C (N=16)	31% (5/16)	87% (14/16)	Sí	0.0002
	D (N=18)	27% (5/18)	72% (13/18)	Sí	0.0137

En la siguiente tabla se observan los resultados de las pruebas estadísticas aplicadas a los grupos experimentales contra los grupos control en el momento post-test, encontrando notables diferencias estadísticas significativas.

Tabla 20. Se muestran los resultados de pruebas t de dos colas no pareadas para comprobar diferencias entre las medias del post-test. Previo a la prueba t se realizó una prueba f para comparar varianzas, con la que todas resultaron ser homogéneas (sin diferencia estadística significativa).

COMPARACIÓN ENTRE TODOS LOS GRUPOS EN EL MOMENTO POST-TEST			
POST-TEST VS POST-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P <0.05)	VALOR DE P	VALOR DE N
C (EXPERIMENTAL) VS. A (CONTROL)	SI	<0.0001	A = 21; C = 16
C (EXPERIMENTAL) VS. B (CONTROL)	SI	<0.0001	B = 15; C = 16
D (EXPERIMENTAL) VS. A (CONTROL)	SI	<0.0001	A = 21; D = 18
D (EXPERIMENTAL) VS. B (CONTROL)	SI	<0.0001	B = 15; D = 18
A (CONTROL) VS. B (CONTROL)	NO	0.6547	A = 21; B = 15
C (EXPERIMENTAL) VS. D (EXPERIMENTAL)	SI	0.0252	C = 16; D = 18

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las pruebas estadísticas aplicadas a los mismos grupos en el momento pre-test, encontrando que todos los grupos son homogéneos, es decir, no muestran diferencias estadísticas significativas.

Tabla 21. Se muestran los resultados de pruebas t de dos colas no pareadas para corroborar diferencias entre las medias del pre-test, y comprobar homogeneidad en conocimientos de tipo conceptuales al inicio de la aplicación de la estrategia didáctica. Previo a la prueba t se realizó una prueba f para comparar varianzas, con la que todas resultaron ser homogéneas (sin diferencia estadística significativa).

COMPARACIÓN ENTRE TODOS LOS GRUPOS EN EL MOMENTO PRE-TEST			
PRE-TEST VS. PRE-TEST	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P < 0.05)	VALOR DE P	VALOR DE N
C (EXPERIMENTAL) VS. A (CONTROL)	NO	0.6314	A = 21; C = 16
C (EXPERIMENTAL) VS. B (CONTROL)	NO	0.6144	B = 15; C = 16
D (EXPERIMENTAL) VS. A (CONTROL)	NO	0.1955	A = 21; D = 18
D (EXPERIMENTAL) VS. B (CONTROL)	NO	0.2056	B = 15; D = 18
A (CONTROL) VS. B (CONTROL)	NO	0.9620	A = 21; B = 15
C (EXPERIMENTAL) VS. D (EXPERIMENTAL)	NO	0.4193	C = 16; D = 18

7.3 Resultados cualitativos de las actividades didácticas

En este punto se muestran algunas actividades generadas por los alumnos durante la intervención didáctica; en dichas evidencias se muestran trabajos individuales, en equipo y el trabajo grupal en el estudio de caso.

7.3.1 Mapas conceptuales y organización de imágenes

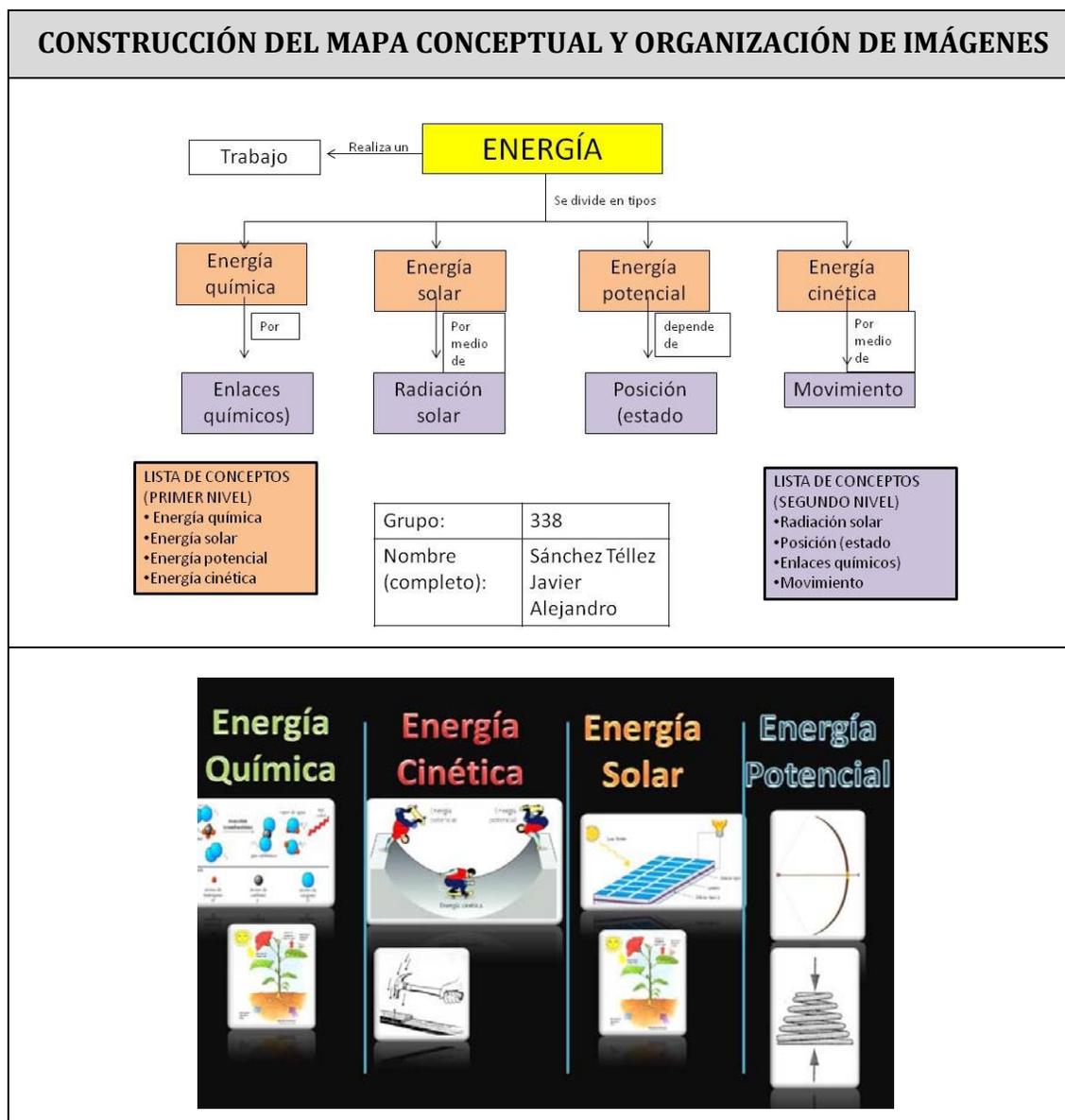


Figura 3. Muestra una evidencia de actividad realizada por un alumno en la sesión 1. La actividad se evaluó con una rúbrica que incluye: Habilidad de expresión escrita en la observación de un fenómeno, el uso de conectores para relacionar conceptos, la jerarquización de los conceptos, la pertinencia y ordenamiento de las imágenes en relación al concepto.

7.3.2 Modelo de glucólisis e informe

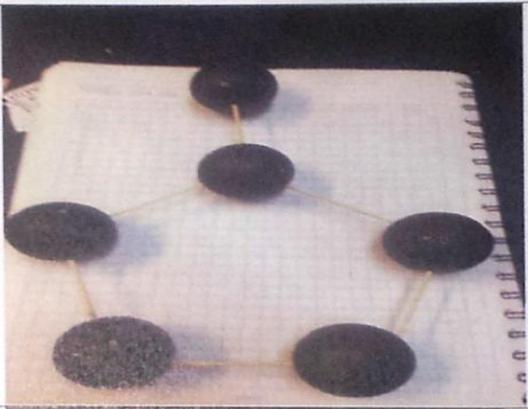
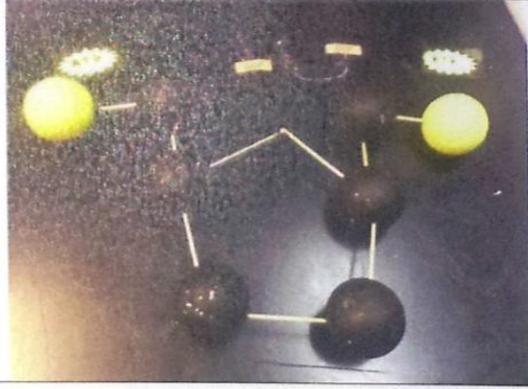
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MATERIAL DE GLUCÓLISIS		
<p>Actividad: Generación de un modelo de glicólisis</p> <p>Grupo: <u>358-A</u></p> <p>Nombre del equipo: <u>"GATO"</u></p> <p>Integrantes del equipo: <u>Romero Hernández Claudia Tamara, Rangel Pichardo Jan</u></p>		
PARTE DEL MODELO	EXPLICACIÓN	FOTOGRAFÍAS
<p>Parte 1: Forma una molécula de glucosa cíclica.</p>	<p>La molécula de glucosa obtenida por la digestión se introduce en el torrente sanguíneo, de ahí "entra" al citoplasma de la célula que es donde ocurre la glucólisis.</p>	
<p>Parte 2: Forma una molécula de fructosa-1,6-bisfosfato</p>	<p>La célula invierte 2 moléculas de ATP para empezar el proceso, la glucosa se transforma en fructosa con 2 fosfatos que fueron "donados" por los ATP iniciales y estos, a su vez, se transforman en ADP.</p>	

Figura 4. Muestra un informe de la actividad realizada por un equipo de alumnos en la sesión 2. La actividad se evaluó con una rúbrica que considera: la secuencia sintetizada del proceso de respiración, la explicación de los alumnos, la ortografía, y la entrega en tiempo ordinario.

7.3.3 Cuadro comparativo

CONSTRUCCIÓN DEL CUADRO COMPARATIVO		
	Respiración pulmonar	Respiración celular
¿Dónde se lleva a cabo?	Pulmones	En la mitocondria de la célula
¿Qué órganos u orgánulos están implicados?	Bronquiolos	La mitocondria y citoplasma
¿Produce energía? (Si/No)	NO	SI
¿Cuál es el objetivo principal de cada respiración?	Intercambiar gases	Obtener energía
¿Qué papel ejerce el NADH?	Ninguno	Transporta electrones y protones para llevarla a cabo
¿Cuál es el destino final del oxígeno en cada tipo de respiración?	Se intercambia con otros gases	Hacer funcionar el ATP sintetasa

Figura 5. Muestra un cuadro comparativo entre respiración celular e intercambio gaseoso (respiración pulmonar) realizado por un alumno en la sesión 3. La actividad evaluó en los alumnos la capacidad de discriminar el nivel de organización, rendimiento energético y función del oxígeno en cada proceso.

7.3.4 Estudio de caso

Tabla 22. Se muestra la resolución en los grupos experimentales ante las situaciones a-didácticas generadas. En esta etapa, los alumnos generaron preguntas, hipótesis y propuestas en relación a la problemática establecida en el estudio de caso (anexo 19, parte 1). Los números que se encuentran entre los corchetes representan las veces que los alumnos mencionaron el concepto.

ETAPA 1 DEL ESTUDIO DE CASO: LA REPENTINA ENFERMEDAD DE MAURICIO			
Situación a-didáctica	Resolución del grupo experimental C		
	Preguntas	Hipótesis	Comprobación
1.- Los alumnos generan preguntas que ayuden a llegar a hipótesis factibles	Los alumnos generaron preguntas en función de... - Alimentación [9] - Tabaquismo [4] - Enfermedades cardiacas [3]	Los alumnos generaron hipótesis en función de... - Falta de energía [2] - Alergia [2] - Intoxicación [2]	Los alumnos propusieron comprobaciones en función de... - Estudios de sangre [2] - Tomografía del tórax [2] - Estudios cardiorespiratorios [1]
2.- Los alumnos generan hipótesis que ayuden a generar un diagnóstico coherente	- Actividad laboral [3] - Adicción a drogas [2] - Otros factores [8]	- Causas multifactoriales [2] - Otros factores [6] - Sin hipótesis [10]	- Radiografía [1] - Exámenes médicos generales [1] - Sin propuestas [13]
	Resolución del grupo experimental D		
	Preguntas	Hipótesis	Comprobación
3.- Los alumnos sugieren métodos para comprobar las hipótesis	Los alumnos generaron preguntas en función de... - Alimentación [11] - Adicción a drogas [10] - Práctica de algún deporte [10] - Enfermedad cardiovascular [7] - Golpe reciente [4] - Otros factores [2]	Los alumnos generaron hipótesis en función de... - Golpe [5] - Mala alimentación [5] - Intoxicación [2] - Síntomas por adicción [3] - Diabetes [2] - Sin hipótesis [7]	Los alumnos propusieron comprobaciones en función de... - Estudios de sangre [7] - Examen médico [6] - Antidoping [4] - Sin propuestas [6]

Tabla 23. Se muestra la resolución de los grupos experimentales ante las situaciones a-didácticas generadas. En esta etapa con base en sus conocimientos previos, los alumnos proponen análisis clínicos diferentes a los establecidos en el estudio de caso (anexo 19, parte 2). Los números que se encuentran entre los corchetes representan las veces que los alumnos mencionaron el concepto.

ETAPA 2 DE ESTUDIO DE CASO: ANÁLISIS CLÍNICOS	
Situación a-didáctica ⁶ : Con base en la información, los alumnos proponen análisis clínicos alternativos a los propuestos en el texto	
Resolución del grupo experimental C	Resolución del grupo experimental D
Los alumnos propusieron soluciones como... - Resonancia magnética en el cerebro [13] - Análisis de sangre [9] - Exámenes en el corazón [4] - Concentraciones deficientes de O ₂ en sangre [2] - Examen físico para detectar golpes [1] - No propone [6]	Los alumnos propusieron soluciones como... - Resonancia magnética en el cerebro [16] - Exámenes de sangre [13] - Exámenes en el corazón [12] - Examen de Orina [2] - Examen físico [1]

⁶ Bajo la teoría de las situaciones didácticas desarrollada por Guy Brousseau, la situación a-didáctica es una fase del proceso de aprendizaje (no de enseñanza), donde el alumno debe relacionarse con el problema intentando resolverlo usando sus propios conocimientos, motivado por el problema y no por satisfacer un deseo del docente, sin que el docente intervenga directamente ayudándolo a encontrar una solución. El problema debe ser elegido por el docente proponiendo situaciones al alcance del estado de conocimiento de los estudiantes. Los estudiantes deben asimilar el problema como propio, lo que genera en ellos una necesidad de construcción del conocimiento, que permita a los estudiantes resolver el problema con sus propios medios (Panizza, 2003; Acosta, *et al.*, 2010; Méndez, 2011).

Tabla 24. Se muestra la resolución de los grupos experimentales ante las situaciones a-didácticas generadas. En esta etapa, los alumnos asumieron una postura afirmativa o negativa ante una situación establecida por el estudio de caso; a su vez, propusieron una explicación que conectara y explicara: algún agente causal que causara, la elevada concentración de O₂ y el metabolismo anaeróbico (anexo 19, parte 3). Los números que se encuentran entre los corchetes representan las veces que los alumnos mencionaron el concepto.

ETAPA 3 DEL ESTUDIO DE CASO: UNA BREVE PARTE DE LA VIDA DE MAURICIO			
Situación a-didáctica	Resolución del grupo experimental C		
	Postura		Hipótesis
1.- Los alumnos toman una postura y la argumentan	Con base en los síntomas presentados en el texto, los alumnos tomaron una postura respecto a la intoxicación por algún pesticida (Sí/No)		Los alumnos generaron hipótesis al relacionar: 1) Agentes causales (tóxico), 2) concentración elevada de O ₂ , 3) metabolismo anaeróbico
	Sí [16]	No [3]	
2.- Los alumnos proponen una hipótesis que explique y relacione los síntomas descritos	- Rotenona [9] - Chlorfenapyr [2] - Ambos[2] - Intoxicación por otro agente contenido en el agua [3]	- Sin intoxicación (no coinciden todos los síntomas)	- Hipótesis con 3 elementos [0] - Hipótesis que relaciona concentración elevada de O ₂ y metabolismo anaeróbico [5] - No relaciona ningún elemento [16]
	Resolución del grupo experimental D		
	Postura		Hipótesis
	Con base en los síntomas presentados en el texto, los alumnos tomaron una postura respecto a la intoxicación por algún pesticida (Sí/No)		Los alumnos generaron hipótesis al relacionar: 1) Agentes causales (tóxico), 2) concentración elevada de O ₂ , 3) metabolismo anaeróbico
Sí [14]	No [9]		
	- Rotenona [3] - Chlorfenapyr [1] - Ambos[10]	- Sin intoxicación (no coinciden todos los síntomas)	- Hipótesis con 3 elementos [0] - Hipótesis que relaciona concentración elevada de O ₂ y metabolismo anaeróbico [2] - No relaciona ningún elemento [21]

Tabla 25. Se muestra la resolución de los grupos experimentales ante las situaciones a-didácticas generadas. En esta etapa, los alumnos identificaron el mecanismo de acción del cianuro y lo relacionaron con otras especies; a su vez, explicaron los efectos de la asfixia (anexo 19, parte 6). Los números que se encuentran entre los corchetes representan las veces que los alumnos mencionaron el concepto.

ETAPA 6 DEL ESTUDIO DE CASO: INTERPRETANDO LA SITUACIÓN			
Situación a-didáctica	Resolución del grupo experimental C		
	Identificación de los efectos del cianuro	Efectos del cianuro con otras especies	Explicación acerca de la asfixia
1.- Los alumnos identifican la relación del cianuro con la respiración celular	<p>Con base en la información del texto, los alumnos...</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificaron que el cianuro interfiere en la cadena transportadora de electrones [13] 	<p>Los alumnos identificaron que...</p> <ul style="list-style-type: none"> - El cianuro tiene el potencial de envenenar otras especies [9] - Los organismos susceptibles son eucariotas y presentan mitocondrias [5] - Otros organismos realizan la respiración celular [6] 	<p>Los alumnos explicaron que...</p> <ul style="list-style-type: none"> - La falta de O₂ por asfixia interrumpe la producción de ATP [6] - El O₂ es el último aceptor de electrones, generando una molécula de agua [4]
2.- Los alumnos identifican que el cianuro interactúa con otras especies (reino animalia)	<ul style="list-style-type: none"> - No identificaron la relación del cianuro con la cadena transportadora de electrones [4] 	<ul style="list-style-type: none"> - No relacionaron los efectos del cianuro en otras especies [2] 	<ul style="list-style-type: none"> - No definen la función del O₂, ni su relación con el intercambio gaseoso [10]
Resolución del grupo experimental D			
	Identificación de los efectos del cianuro	Efectos del cianuro con otras especies	Explicación acerca de la asfixia
3.- Los alumnos relacionan el intercambio gaseoso con la función del O ₂	<p>Con base en la información del texto, los alumnos...</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificaron que el cianuro interfiere en la cadena transportadora de electrones [11] - No identificaron la relación del cianuro con la cadena transportadora de electrones [6] 	<p>Los alumnos identificaron que...</p> <ul style="list-style-type: none"> - El cianuro tiene el potencial de envenenar otras especies [7] - Los organismos susceptibles son eucariotas y presentan mitocondrias [5] - Otros organismos realizan la respiración celular [7] - No relacionaron los efectos del cianuro en otras especies [3] 	<p>Los alumnos explicaron que...</p> <ul style="list-style-type: none"> - La falta de O₂ por asfixia interrumpe la producción de ATP [10] - El O₂ es el último aceptor de electrones, generando una molécula de agua [5] - No definen la función del O₂, ni su relación con el intercambio gaseoso [2]

Tabla 26. Cuestionario de autoevaluación aplicado en el grupo experimental C (N = 19).

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN DEL GRUPO EXPERIMENTAL C				
	Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
¿Entendiste el propósito de la actividad?	8	11	-	-
¿Identificaste los objetivos de la actividad?	7	10	2	-
¿Trabajaste de forma cooperativa?	10	5	4	-
¿Trabajaste de manera ordenada?	11	7	1	-
¿Expresaste tus ideas al resto del equipo?	9	9	1	-
¿Escuchaste respetuosamente al resto del equipo?	14	5	-	-
¿Participaste activamente en el desarrollo de la actividad?	11	7	1	-

Tabla 27. Cuestionario de autoevaluación aplicado en el grupo experimental D (N = 16).

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN DEL GRUPO EXPERIMENTAL D				
	Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
¿Entendiste el propósito de la actividad?	6	9	1	-
¿Identificaste los objetivos de la actividad?	5	11	-	-
¿Trabajaste de forma cooperativa?	9	4	3	-
¿Trabajaste de manera ordenada?	6	8	2	-
¿Expresaste tus ideas al resto del equipo?	9	3	4	-
¿Escuchaste respetuosamente al resto del equipo?	8	6	2	-
¿Participaste activamente en el desarrollo de la actividad?	8	6	2	-

7.4 Recopilación de datos y observaciones

En este apartado se muestran algunos datos relevantes obtenidos mediante la aplicación de cuestionarios de opinión al final de la intervención didáctica (tablas 28 y 29). Posteriormente se presenta la bitácora simplificada donde se observan las situaciones más relevantes ocurridas durante la aplicación de la estrategia en ambos grupos, así como breves observaciones del desempeño de los estudiantes durante las sesiones (tabla 30).

Tabla 28. Cuestionario de opinión aplicado en el grupo experimental C (N = 22).

RESPUESTAS DEL CUESTIONARIO DE OPINIÓN DEL GRUPO EXPERIMENTAL C					
	Muy bueno/Sí	Bueno	Regular	Poco	Nada/No
La estrategia que aplicó el profesor para la enseñanza de los temas, facilitaron tu aprendizaje.	22	-	-	-	-
Las estrategias de enseñanza que empleó el profesor despertaron tu interés.	15	-	6	1	-
A partir de ahora, ¿Investigarías el tema por tu cuenta?	19	-	-	-	3
El profesor mostraba un dominio del tema .	16	-	6	-	-
¿Crees que lo que aprendiste de respiración celular y fermentación te pueda servir para tu vida cotidiana?	20	-	-	-	1
La forma en que el profesor resolvió las dudas te pareció.	16	-	5	1	-
Crees que los videos proyectados fueron importantes para tu aprendizaje del tema.	22	-	-	-	-
Los exámenes te parecieron adecuados.	22	-	-	-	-

Tabla 29. Cuestionario de opinión aplicado en el grupo experimental D (N = 20).

RESPUESTAS DEL CUESTIONARIO DE OPINIÓN DEL GRUPO EXPERIMENTAL D					
	Muy bueno/Sí	Bueno	Regular	Poco	Nada/No
La estrategia que aplicó el profesor para la enseñanza de los temas, facilitaron tu aprendizaje.	20	-	-	-	-
Las estrategias de enseñanza que empleó el profesor despertaron tu interés.	14	-	6	-	-
A partir de ahora, ¿Investigarías el tema por tu cuenta?	15	-	-	-	5
El profesor mostraba un dominio del tema .	18	-	2	-	-
¿Crees que lo que aprendiste de respiración celular y fermentación te pueda servir para tu vida cotidiana?	19	-	-	-	1
La forma en que el profesor resolvió las dudas te pareció.	12	-	8	-	-
Crees que los videos proyectados fueron importantes para tu aprendizaje del tema.	20	-	-	-	-
Los exámenes te parecieron adecuados.	20	-	-	-	-

Tabla 30. Muestra algunas de las situaciones más relevantes ocurridas durante la aplicación de la estrategia didáctica en la etapa de aplicación formal y una breve descripción de cada sesión. Las características antes mencionadas son observaciones del investigador responsable del proyecto.

BITÁCORA SIMPLIFICADA DE LAS SESIONES	
SITUACIÓN	OBSERVACIONES
Características del grupo estudiantil	<p>Grupo C: manifestó ser un grupo disciplinado, participativo y atento. El grupo se mostró desde un inicio interesado en cuanto al desarrollo de las actividades.</p> <p>Grupo D: este grupo se caracterizó por ser muy inquieto y platicador, sin embargo, la mayoría del grupo mostraba suficiente interés en el tema.</p>
Resistencia a la dinámica del profesor	<p>Grupo C: el grupo prácticamente no mostró resistencia con el profesor; sin embargo, ningún estudiante entregó la tarea en el tiempo establecido.</p> <p>Grupo D: algunos alumnos de este grupo mostró cierta resistencia para introducirse en la dinámica del profesor; esta resistencia se manifestó con: falta de atención, respuestas sarcásticas, comentarios irónicos, entre otros. Al igual que el grupo C, no se entregó en tiempo la tarea a excepción de un equipo.</p>
Solución de las contingencias	<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento en los exámenes: el comportamiento del grupo C fue favorable, al mostrar una actitud respetuosa en la aplicación del examen (aparentemente no se copiaron). Por otra parte, el grupo D, mostró una actitud menos comprometida, comparada con el primer grupo (copiaban y platicaban durante el examen).

SITUACIÓN	OBSERVACIONES
	<p>El profesor, previendo esta situación, apeló a la honestidad de los alumnos, explicando las circunstancias en las que se debían generar los resultados de la evaluación. Sin embargo, los alumnos del grupo D, no respondieron de forma adecuada.</p>
Solución de las contingencias	<ul style="list-style-type: none"> • Impuntualidad: La mayoría de los estudiantes de ambos grupos llegaban aproximadamente de 15 a 20 minutos tarde. El profesor recurría constantemente a llamados de atención para corregir ese hábito, sin embargo, la entrada y la asistencia nunca fue negada bajo ninguna circunstancia. • Ausentismo: en ambos grupos el ausentismo fue constante. Se procuró solucionar el problema comentando la importancia en la secuencialidad de las clases. • Fallas técnicas: En el aula de cómputo (sala TELMEX), existieron diversas problemáticas que fueron solucionadas gracias a la ingeniera a cargo de la sala. • Paro de actividades del Colegio: dentro de los días en que se aplicó la estrategia, hubo un paro de actividades de 48 horas que interrumpió la dinámica de trabajo; solucionándolo con un repaso general, que permitiera seguir con la dinámica de la estrategia. • Falta de tareas: ningún grupo entregó el informe de la actividad en tiempo, a excepción de un equipo. Como se mencionaba anteriormente, el profesor junto con el supervisor le recordaron a los alumnos que la entrega la tarea sería parte de su evaluación; por lo que se acordó una prórroga para la entrega del informe, con la cual la mayoría cumplió con la entrega de la tarea.
Descripción y observaciones de las sesiones	<p>Sesión 1. Tipos y cambios de energía: Se utilizó un simulador que ejemplifica varios sistemas en los que se pueden observar diversos cambios de energía; las evidencias de aprendizaje fueron una descripción del simulador, un mapa conceptual y una relación de conceptos con imágenes.</p> <p>Se observó en los estudiantes: participaciones adecuadas y pertinentes, buen trabajo en equipo, sin embargo, perdieron la concentración fácilmente.</p> <p>Sesión 2. Glucólisis y ciclo de Krebs: Se revisó glucólisis de forma expositiva y posteriormente los alumnos realizaron un modelo que representó el proceso, posteriormente se revisó brevemente ciclo de Krebs.</p> <p>Se observó en los estudiantes: un adecuado uso de los materiales, respeto en los roles asignados y buen orden durante el desarrollo de la actividad.</p> <p>Sesión 3. Ciclo de Krebs y cadena transportadora de electrones: Se explicaron ambos temas con el apoyo de diapositivas y animaciones que representan ambos procesos.</p> <p>Se observó en los estudiantes: un incremento en las participaciones, sin embargo, casi ningún alumno visualizó las animaciones por su cuenta (actividad extraescolar); adicionalmente, muy pocos alumnos entregaron la actividad del cuadro comparativo.</p> <p>Sesión 4 y 5. Método de caso: Los estudiantes aplicaron el conocimiento de respiración celular en un método de caso. Durante éstas dos sesiones se desarrollo la actividad bajo la supervisión del profesor, mismo que concluyó la actividad conectando a la respiración celular con la fermentación, orientado en la diversidad biológica y su evolución.</p> <p>Se observó en los estudiantes: trabajo muy activo, mostrando mucho interés y buena disposición durante el desarrollo de la actividad.</p> <p>Sesión 6. Fermentación: Se revisó el tema con el modelo de exposición-discusión; enfatizando la universalidad de éste proceso en los sistemas vivos y su evolución.</p> <p>Se observó en los estudiantes: participaciones abundantes, aunque se distraían fácilmente.</p>

En la siguiente tabla se muestran las ventajas (ordenadas en categorías) que los alumnos argumentaron sobre la utilización de videos en la tercera sesión.

Tabla 31. Se muestran algunas de las explicaciones que los alumnos argumentaron a favor de la utilización de los videos revisados en clase discutidos en plenaria dentro del aula.

RESPUESTAS SOBRE LA UTILIZACIÓN DE VIDEOS DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES		
Ventajas	Alumnos del grupo C	Alumnos del grupo D
Favorecen el aprendizaje visual	5	3
Facilitan el aprendizaje de conceptos y procesos	5	7
Son interesantes	1	2
Brindan claridad	3	1
Despejan dudas	1	3
Son un recurso didáctico alternativo	2	7
Otra razón	5	0
Total	22	20

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se retoman los resultados obtenidos en la presente investigación y se comparan con resultados encontrados en otras investigaciones similares. Adicionalmente, se analizan de forma conjunta los resultados cuantitativos y cualitativos y se generan propuestas con base en los alcances y límites de la estrategia didáctica.

8.1 Interpretación de resultados obtenidos en el pre-test

Con base en la comparación de los promedios obtenidos en las pruebas de conocimientos conceptuales (pre-test), se puede inferir que todos los grupos (controles y experimentales) fueron homogéneos en sus conocimientos previos, ya que la diferencia entre los valores máximos y mínimos de las medias apenas superan medio punto (tabla 4). En ese aspecto, como se muestra en la tabla 21, no se encontró diferencia estadística significativa entre ningún grupo en el momento pre-test, lo que confirma que todos los grupos partieron con conocimientos previos similares del tema.

8.2 Interpretación de resultados cuantitativos

De acuerdo con lo expuesto en los resultados, es evidente que existen diferencias significativas con base en las pruebas de conocimientos conceptuales; estas diferencias se atribuyen a la aplicación de la estrategia didáctica en los grupos experimentales. En ese sentido, dicha estrategia mostró ser eficaz cuando se compararon los dos momentos de la intervención (antes y después), siendo que para el grupo experimental C, se pasó de tener un promedio grupal de aproximadamente 3 puntos en el pre-test (puntaje reprobatorio), a un promedio de aproximadamente 8 puntos (puntaje aprobatorio). De la misma forma, el grupo experimental D pasó de un promedio grupal de aproximadamente 3.5 puntos en el pre-test, a uno de aproximadamente 7 puntos en el post-test (gráfica 16).

La aplicación de la estrategia didáctica también mostró ser eficaz cuando se contrastaron los grupos experimentales con los grupos control. Dichas diferencias se atribuyen al diseño y aplicación de todas las actividades que componen la estrategia didáctica desarrollada en esta investigación. Como se observó en la tabla 21, no existió diferencia significativa en el conocimiento previo de los alumnos, lo que nos ayuda a inferir que los grupos contrastados son homogéneos y equivalentes, lo cual es una condición deseable para poder atribuir las diferencias en el momento post-test, a la aplicación de la estrategia didáctica (Hernández *et al.*, 1991).

Los grupos control, en el momento post-test, no mostraron diferencia estadística significativa (tabla 20), manteniéndose ambos grupos en aproximadamente cuatro puntos de diez. Sin embargo, resulta importante establecer que en este estudio, no se asume a la calificación de los exámenes de conocimiento conceptual como el único criterio que demuestra el aprendizaje de los alumnos; en ese sentido, se tiene conciencia de las limitaciones que este tipo de pruebas presentan, como evaluar únicamente la capacidad de memorizar la información recibida, responder por deducción, utilizar el azar, entre otras (Zarzar, 2005). A pesar de lo expuesto anteriormente, estos instrumentos de evaluación objetiva, nos permiten hacer una aproximación hacia la validación de la estrategia didáctica, que complementada con una evaluación de tipo cualitativo pueden ratificar y explicar parte del proceso de enseñanza y aprendizaje en el contexto de la aplicación de la estrategia (Schmelkes, 2001).

8.3 Interpretación de resultados cualitativos

En esta sección se interpretan y relacionan las actividades realizadas por los alumnos, lo que ayuda a explicar su proceso de construcción y reconstrucción conceptual; a su vez, se destacan los aprendizajes procedimentales y actitudinales que se promovieron durante la aplicación de la estrategia didáctica. Los elementos que conforman esta sección están organizados de acuerdo con los conceptos revisados en la estrategia didáctica, respetando el orden de aparición en la misma, haciendo confluir en torno a

los conceptos, el análisis de resultados cualitativos, su relación con las preguntas del post-test y su correspondencia con otras investigaciones.

8.3.1 El concepto de energía, energía química y biomoléculas (macronutrientes)

Desde el diseño hasta la aplicación de la estrategia, el concepto de energía fue considerado como un organizador previo, que permitiría iniciar la intervención didáctica con un concepto conocido, pero poco explicitado y relacionado con la respiración celular y la fermentación. En ese sentido, se ha detectado que alumnos de todos los grados educativos con edades de 9 a 19 años presentan dificultades para entender el concepto de respiración, aparentemente por no comprender conceptos integradores como energía, flujo de energía y transformaciones de la energía (Näs, 2012). Por lo tanto, con la finalidad de establecer una correcta relación entre los procesos de respiración celular y fermentación, con el concepto de energía, se realizaron cuatro actividades, las cuales fueron: uso del simulador computacional, resolución de un mapa conceptual, organizar las imágenes y la entrega de una descripción; todas ellas realizadas en la primera sesión.

Cuando se realizó la evaluación diagnóstica de forma oral, los alumnos mostraron tener conocimientos previos respecto al concepto de energía, sin embargo, fue evidente que no lograron articular correctamente la transformación de la energía, especialmente relacionándola con los sistemas biológicos.

Con base en la rúbrica de evaluación correspondiente a la primera sesión (anexo 18-A), ambos grupos experimentales mostraron buen desempeño en todos los criterios establecidos en la rúbrica; siendo la descripción de los fenómenos observados en el simulador, la actividad mejor ejecutada por los alumnos, mostrando buena capacidad de observación, articulación de conceptos y en muchos casos generando explicaciones acertadas de dichos fenómenos.

Debido a la relación de la pregunta 1 del post-test con los conceptos trabajados en la sesión 1, se esperaba una correspondencia positiva; sin embargo, es notorio que no existe diferencia entre antes y después de la intervención. Esto se puede explicar

parcialmente a la luz de la noción de los obstáculos epistemológicos⁷, (Bachelard, 2000); donde la experiencia u observación básica, la sencillez que aporta el sentido común, el potencial de generalización que ofrece el empirismo inmediato, se convierte en el principal obstáculo para el aprendizaje de la cultura científica. Por lo que interpretando los resultados obtenidos, se encontró que muchos alumnos tienen muy arraigada la relación de calor o energía calórica con los sistemas vivos; es decir, aparentemente los alumnos asumen de cierta forma que el calor (interpretándolo como temperatura) es el tipo de energía más importante que un sistema vivo necesita para cumplir con sus funciones vitales. Al respecto se menciona en algunas investigaciones que existen expresiones populares que refuerzan ideas alternativas como: *calor del cuerpo, energía del cuerpo y fuerza del cuerpo*, entre otras (Lopes y Ferreira, 2004); siendo estas expresiones uno de los factores que pueden causar dificultad en el cambio conceptual en relación al concepto de energía, sus transformaciones, su conservación y su relación con los sistemas vivos. A pesar de no obtener ninguna diferencia estadística reflejada en el post-test de los grupos experimentales, la revisión de los temas antes mencionados, son relevantes para asociar adecuadamente los procesos de respiración celular y fermentación con el concepto de energía y su transformación. Por lo que resulta importante considerar éste arraigo conceptual en futuras investigaciones y prácticas docentes.

Como parte de las actividades de la primera sesión, se mencionaron verbalmente las principales biomoléculas que aportan energía a los sistemas vivos, ilustrando por medio del simulador la transformación energética que está de por medio; sin embargo, como menciona Charrier *et al.*, (2006) existe una fuerte tendencia de los alumnos a confundir el papel del dióxido de carbono y el oxígeno con el concepto de energía durante el proceso de respiración celular; siendo algunos de los principales obstáculos: considerar al oxígeno como fuente de energía y pensar que el oxígeno

⁷ Obstáculo Epistemológico: “*Son aquellas limitaciones o impedimentos que afectan la capacidad de los individuos para construir el conocimiento real o empírico. El individuo entonces se confunde por el efecto que ejercen sobre él algunos factores, lo que hace que los conocimientos científicos no se adquieran de una manera correcta, lo que obviamente afecta su aprendizaje*” (Mora, 2002).

contenido en la molécula de dióxido de carbono que eliminamos es el que entró durante el intercambio gaseoso.

En relación con los resultados obtenidos en la pregunta 2 del post-test, se observó que la media de los alumnos en ambos grupos experimentales se mantuvo sin diferencia significativa; sin embargo, resultó evidente que en la pregunta 2 de la prueba de opción múltiple, el error más observado fue mencionar al oxígeno molecular y al dióxido de carbono como principales biomoléculas que aportan energía. Esto se podría explicar asumiendo que los alumnos no comprendieron la relación del oxígeno molecular y el dióxido de carbono con el proceso de respiración celular.

Otra posible explicación es que los alumnos no lograron asociar los términos biomolécula, macronutriente y glucosa correctamente; lo que sugeriría que la revisión y la aclaración de dichos términos en la estrategia didáctica aplicada, debe ser más abundante y clara.

Finalmente, otra posible explicación, es que los alumnos asociaron la palabra biomolécula (contenida en la pregunta), con la palabra oxígeno molecular (contenida en una de las respuestas), de tal suerte que la coincidencia con la palabra “molécula”, pudo haber alentado a los estudiantes a contestar sin reflexionar adecuadamente la respuesta.

Resulta importante utilizar los distractores u opciones incorrectas de tal forma que no confunda a los alumnos, y en consecuencia, entorpezcan la evaluación del aprendizaje por medio de pruebas de opción múltiple (Jurado *et al.*, 2015).

8.3.2 Glucólisis

En los grupos experimentales, el proceso de glucólisis se abordó mediante dos actividades en la segunda sesión. La primera fue una actividad expositiva realizada por el docente, utilizando múltiples preguntas dirigidas a los alumnos (Kauchak y Eggen, 2009), lo cual ayudó a presentar los conceptos necesarios que los alumnos debían conocer para relacionar el nuevo material (Moreira, 2012). En ese sentido,

conceptos como biomoléculas, transportadores de electrones y ATP; fueron revisados y discutidos con los alumnos, de tal suerte que al final de la instrucción, aproximadamente 80% de los alumnos del grupo experimental C, lograban articular correctamente los conceptos con el proceso de glucólisis. Por otro lado, el grupo experimental D requirió de más tiempo para lograr definir los conceptos; sin embargo, al final de la instrucción el grupo alcanzó un aprendizaje adecuado de conceptos, que permitió un mejor entendimiento del proceso de glucólisis. Como menciona Kauchak y Eggen (2009: 96):

“Los buenos docentes se valen de preguntas para ayudar a los estudiantes a ver conexiones entre las ideas abstractas que están estudiando, relacionándolas con ejemplos tomados del mundo real. [...] Las preguntas también pueden: 1) ayudar a mantener la atención, 2) hacer participar a alumnos tímidos y renuentes, 3) dar énfasis por medio de repeticiones y 4) evaluar la comprensión del estudiante”.

En ese sentido y con base en las videgrabaciones de la sesión, se observa una adecuada identificación y conexión de conceptos con el proceso de glucólisis, evaluado mediante preguntas dirigidas.

La segunda actividad consistió en que los alumnos desarrollaran un modelo, que bajo la clasificación de Chamizo (2010), es un modelo físico y didáctico; que representa un fenómeno (porción del mundo), en este caso la glucólisis.

La evaluación de la construcción del modelo por parte de los alumnos se realizó con 2 instrumentos; el primero fue una rúbrica que evaluó la construcción de la actividad en el aula con criterios como: trabajo colaborativo, construcción del modelo, explicación oral, entre otros (anexo 18-B); y el segundo instrumento fue evaluar el aprendizaje de los alumnos mediante un informe.

Durante la instrucción de la actividad, los alumnos de ambos grupos experimentales se mostraron escépticos, pero interesados; de tal suerte que la mayoría de los alumnos de ambos grupos realizaron el modelo de forma muy adecuada. En las fotografías 1 y 2, se muestra parte del desarrollo de la generación del modelo en ambos grupos.



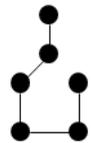
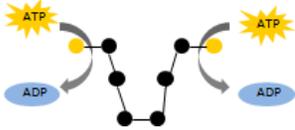
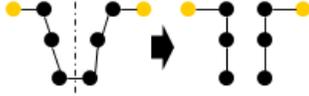
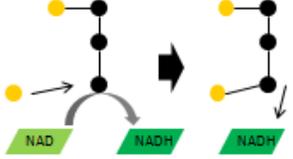
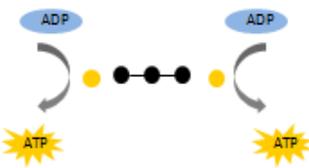
Fotografía 1. Alumnos del grupo experimental C explicando su modelo al profesor.



Fotografía 2. Alumno del grupo experimental D obteniendo evidencias fotográficas del modelo realizado.

En la siguiente tabla se muestran algunas explicaciones que generaron los alumnos en la entrega del informe del modelo de glucólisis (anexo 16).

Tabla 32. Se muestran algunas de las explicaciones más relevantes de los diferentes equipos que entregaron el informe. En la primera columna, se muestra el grupo experimental y el nombre del equipo. En la segunda columna se muestra la parte del modelo que se pretende explicar; el modelo consta de 5 partes (anexo 21). En la columna 3 se muestra una transcripción literal de las explicaciones generadas por los alumnos tomadas de sus informes, las partes cursivas son añadidos del docente. La columna 4 muestra la utilización de conceptos que articulan su explicación. La columna 5 muestra una representación esquemática de las fotografías tomadas por los alumnos.

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS MODELOS DE GLUCÓLISIS				
GRUPO Y NOMBRE DEL EQUIPO	PARTE DEL MODELO A EXPLICAR	EXPLICACIÓN (LITERAL DE LOS ALUMNOS)	CONCEPTOS UTILIZADOS	REPRESENTACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA
Grupo C, Equipo Los cholos de Neza e Iztapalapa	Parte 1: Forma una molécula de glucosa cíclica	Se pueden observar las 6 moléculas de carbono que conforman la glucosa en su forma cíclica (las bolas de unícel negras representan los carbonos y los palillos los enlaces que conforman estos)	Átomo de carbono, enlaces químicos, glucosa	
Grupo D. Equipo Rojo	Parte 2: Forma una molécula de Fructosa-1,6-bisfosfato	Esta imagen muestra el proceso de transformación de ATP en ADP	Fase de inversión de energía, ATP, ADP	
Grupo D, Equipo Los cachi-porras	Parte 3: Forma dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato	Nuestra molécula de glucosa (<i>Fructosa-1,6-bisfosfato</i>) se divide en dos quedando simétricas; <i>las moléculas de gliceraldehído-3-fosfato</i>	Catabolismo de biomoléculas	
Grupo D, Equipo Los Coquitos	Parte 4: Adición de un grupo fosfato y reducción de NAD a NADH	Llega el transportador de protones <i>NAD</i> , se desestabiliza (<i>las moléculas de gliceraldehído-3-fosfato</i>), ya que quita un hidrógeno y se estabiliza de nuevo adhiriendo un fosfato	Reacciones de reducción y oxidación, sustrato, enzima	
Grupo C, Equipo Sin nombre	Parte 5: Síntesis de ATP	Después de todo este proceso nos quedan 6 carbono (<i>en dos moléculas de piruvato</i>) y 4 ATP, y nuestra ganancia fue de 2 ATP, después de este proceso se pasa al ciclo de Krebs	Rendimiento energético, ion fosfato, ADP y ATP	

Como se muestra en la tabla anterior, los alumnos lograron explicar los fenómenos representados en el modelo, utilizando y relacionando conceptos que son importantes para el entendimiento del proceso de glucólisis.

Aunque no se observó una diferencia estadística significativa entre el pre-test y el post-test correspondiente a la pregunta 3, las evidencias obtenidas a través del informe del modelo, mostraron que los alumnos no sólo desarrollaron aprendizaje conceptual, también desarrollaron diversas habilidades durante la construcción del modelo y en la realización del informe. Chamizo *et al.* (2010), menciona que el promover que los alumnos piensen y planeen desde el proceso de construcción que siguieron para llegar al modelo propuesto, hasta la explicación del mismo, favorece el desarrollo de habilidades metacognitivas, las cuales son importantes en la formación de estudiantes más autoregulados y autónomos. A su vez, señala que a pesar de la reducida capacidad de explicación de los modelos didácticos (comparada con un modelo científico), el aprendizaje de habilidades obtenidas durante el proceso de modelar, son las mismas que utilizan los científicos en la generación de modelos científicos. Los alumnos de los grupos C y D que generaron el modelo y entregaron el informe que explicaba al mismo, mostraron un adecuado manejo conceptual y un buen trabajo cooperativo. Por otra parte, cabe destacar que no todos los equipos hicieron el informe del modelo, entregándolo sólo el 75% de todos los alumnos de ambos grupos experimentales; la mayoría de los informes se recibieron en tiempo extraordinario, a excepción de un equipo del grupo D.

En esa línea, la interacción entre pares para la realización del modelo, tiene múltiples beneficios, según señalan (Eggen y Kauchak, 2009: 119):

“[...] Primero, los alienta a poner en palabras los pensamientos que a veces son confusos. Esta es una tarea cognitivamente exigente [...] ya que promueve el pensamiento claro y el aprendizaje. En segundo lugar, permite compartir perspectivas distintas, ayudando a los alumnos a considerar sus ideas de diversas maneras. Y en tercer lugar les permite co-construir el conocimiento, basándose en ideas de otros”.

Como se mencionó anteriormente, en las respuestas a la pregunta 3 no se observaron diferencias estadísticas significativa en ambos grupos experimentales; esto se puede explicar por la asociación de la palabra glucosa (contenida en la pregunta) y la palabra glucólisis (contenida en una de las respuestas); por lo que se considera esencial la modificación de algunos elementos en los instrumentos de evaluación.

Tanto la actividad expositiva como en la realización del modelo, se abordaron directamente conceptos como el transporte de protones y electrones, así como la estructura y función del ATP; por lo que las actividades realizadas en la segunda sesión guardan una estrecha correspondencia con las preguntas 4 y 5 del examen de conocimientos conceptuales. En consecuencia, se encontró que para la pregunta 4 existe diferencia estadística significativa en los dos grupos experimentales y en un grupo control entre el momento antes y después de la aplicación; lo que ayudó a inferir que los alumnos de los tres grupos lograron entender la función del FADH_2 y de NADH como transportadores de protones y electrones en la glucólisis y el ciclo de Krebs. Por otra parte, en la pregunta 5 se encontró una clara diferencia estadística significativa en el grupo experimental D y una evidente diferencia (sin llegar a ser estadísticamente significativa) en el grupo C al contrastar el pre-test y el post-test en cada grupo, lo que sugiere que los grupos experimentales a los que se les aplicó la estrategia didáctica entendieron de forma adecuada que el ATP es la principal molécula energética obtenida en la glucólisis y la respiración celular. Dicho aprendizaje se considera esencial en el entendimiento de los temas respiración celular y fermentación en esta tesis, ya que ambos procesos son de vital importancia en la obtención de energía en todos los sistemas vivos.

8.3.3 Ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones e intercambio gaseoso

La revisión de los temas de este apartado se realizó de dos formas, la primera involucró diapositivas con imágenes obtenidas en su mayoría de libros, presentadas de forma expositiva con preguntas dirigidas al azar, procurando la participación activa de los alumnos; en la segunda se implementó la visualización de videos de forma

grupal (anexo 17), donde el profesor puntualizó las etapas y conceptos más importantes del ciclo de Krebs, de la cadena transportadora de electrones y la fosforilación oxidativa, atendiendo las dudas de los alumnos y conectando dichos procesos con conceptos revisados en sesiones anteriores. Dada la complejidad de dichos temas, se optó por incluir recursos audiovisuales que fueran asequibles a los alumnos (video *streaming*, alojado en el portal YouTube) que potenciaran el aprendizaje y que pudieran utilizar como herramienta de estudio, ya que los enlaces se compartieron a través de Facebook durante prácticamente toda la intervención (Iglesias y Rodrigo, 2013). Los alumnos fueron evaluados con base en la rúbrica correspondiente a las actividades, todas ellas realizadas en la tercera sesión (anexo 18-C).

Con el objetivo de conocer y valorar las opiniones de los alumnos respecto al uso de videos en clase, se realizó una pequeña encuesta en los grupos experimentales, en la cual 100% de los alumnos de ambos grupos afirmaron que los videos revisados en clase fueron útiles para su aprendizaje del tema respiración celular (pregunta 7 del anexo 20). En la tabla 31 se muestran las principales razones (ordenadas en categorías) que los alumnos argumentaron a favor, sobre la utilización de videos en la tercera sesión.

Como se mencionó anteriormente, se utilizaron diversos videos descargados de YouTube, los cuales ayudaron a ejemplificar de forma gráfica y dinámica diferentes procesos, pero además, permitió a los alumnos relacionar diversos conceptos revisados en sesiones anteriores como: la transformación de la energía (en sistemas vivos), biomoléculas (por ejemplo la glucosa), transportadores de protones y electrones, ATP, entre otros; con otros conceptos como: la función del oxígeno molecular como último aceptor de electrones, función y estructura de la mitocondria, así como el concepto de gradiente electroquímico generado en el espacio intermembranal. En ese aspecto, las preguntas 6, 7 y 10, mantienen una estrecha relación con los últimos tres conceptos mencionados, donde se encontraron claras diferencias estadísticas significativas entre antes de la intervención didáctica y después de esta en los grupos experimentales. En contraste, los grupos control (grupo

A y grupo B), no lograron obtener diferencia estadística significativa entre el pre-test y el post-test; lo que ayuda a pensar que la diferencia en el rendimiento de los alumnos en la prueba de conocimientos conceptuales en dichas preguntas, se debió a la estrategia didáctica propuesta en este trabajo de investigación, específicamente al uso de videos.

Finalmente, como parte de la actividad de la sesión, los alumnos realizaron un cuadro comparativo entre intercambio gaseoso (manejado como respiración pulmonar) y respiración celular (anexo 7); con el objetivo de que los alumnos lograran definir y diferenciar al intercambio gaseoso, como el proceso donde se obtiene el último aceptor de electrones (oxígeno molecular) a través de órganos especializados (pulmones), siendo parte del proceso de respiración celular, cuya finalidad es la obtención y transformación de energía utilizable para el organismo (Curtis *et al.*, 2008).

En un estudio realizado por, Martínez *et al.* (2014) en estudiantes de tercer semestre (turno matutino) del CCH plantel Vallejo, encontraron que un gran porcentaje de la población estudiantil, reconoce a la respiración celular y al intercambio gaseoso como sinónimos (resultados que concuerdan con los obtenidos en esta investigación). Por lo tanto, en el diseño de la estrategia didáctica de la presente tesis se tomó en cuenta que dicha concepción alternativa se puede convertir en un obstáculo que puede desfavorecer el correcto aprendizaje y distinción entre el intercambio gaseoso y la respiración celular (Charrier *et al.*, 2006; Garófalo y Alonso, 2014; Bachelard, 2000), es por ello que en la estrategia se incluyó dicha actividad en forma de tarea, la cual consistía en mencionar diferencias entre intercambio gaseoso y respiración celular (anexo 7). En esa línea, atribuimos que los alumnos que realizaron los cuadros comparativos comprendieron favorablemente la diferencia entre ambos procesos, ya que ambos grupos experimentales mostraron una evidente diferencia estadística significativa en el post-test, reflejado en la pregunta 8; en contraste, los grupos control no mostraron una diferencia estadística significativa. Sin embargo, en los alumnos que entregaron el cuadro (aproximadamente 16 de cada grupo), es evidente que persisten algunos concepciones alternativas; entre los que se destacan: que el O₂ obtenido en el

intercambio gaseoso es transformado en CO₂ (Charrier *et al.*, 2006), en la mayoría de los alumnos no se enfatiza correctamente al O₂ como último aceptor de electrones. Por lo que es prudente considerar dar un mayor énfasis y claridad al tema en la estrategia en futuras intervenciones.

8.3.4 Aplicación del conocimiento: la respiración celular a través de un método de caso

El aprendizaje de temas que incluyen procesos metabólicos como la respiración celular y la fermentación, manifiestan dos principales dificultades: la complejidad de los temas, ya que implica analizar desde diferentes niveles de organización diversas reacciones interconectadas que involucran un proceso catabólico; y las dificultades conceptuales, producto de concepciones alternativas que los estudiantes presentan sobre estos temas (Martínez *et al.*, 2014).

En esa línea, Garófalo y Alonso, (2014) proponen categorizar dos tipos de obstáculos de aprendizaje: los de tipo *brecha*, donde los estudiantes carecen de modelos mentales⁸ apegados al conocimiento científico que funcionen como “ancla”, que permitan organizar y aprender los nuevos conocimientos; y los de tipo *punte*, donde los estudiantes presentan ideas cerradas y frecuentemente poco científicas que funcionan como un modelo mental idiosincrásico funcional, que permite a los alumnos sustentar con cierta certeza sus conocimientos acerca de un tema, por lo cual, les es difícil ser conscientes de errores en la construcción de un modelo mental más científico. De acuerdo con esta clasificación, en la mayoría de los estudiantes a los que se les aplicó la estrategia didáctica propuesta en esta investigación, se encontraron obstáculos epistemológicos de tipo puente; ya que a pesar de que los alumnos no habían revisado el tema en Secundaria, a nivel celular; la gran mayoría presentaba ideas intuitivas funcionales.

⁸ Modelos mentales: Se define como “un mecanismo del pensamiento mediante el cual un ser humano intenta explicar cómo funciona el mundo real” (Garófalo y Alonso, 2014).

En relación con lo anterior, la aplicación del método de caso buscó llevar a los estudiantes a un conflicto cognitivo⁹, que permitiera a los alumnos comprobar el alcance de sus modelos mentales propios (concepciones alternativas) en la resolución de un problema realista (Aguilar y Oktaç, 2003). Estudios similares donde se aplican métodos de caso para la enseñanza de la respiración celular, se han obtenido resultados favorables en el aprendizaje de conceptos sobre la respiración celular y el desarrollo de habilidades de pensamiento aplicables a cualquier disciplina científica (Baines *et al.*, 2004).

El método de caso que se utilizó en la estrategia se diseñó con la finalidad de que los estudiantes pudieran aplicar los conocimientos adquiridos en las sesiones anteriores en la resolución de un problema realista propuesto en un estudio de caso, donde los alumnos pudieran consolidar, articular e interiorizar los nuevos conocimientos, así como ubicar la glucólisis, la respiración celular y la fermentación, como procesos catabólicos que son compartidos por múltiples organismos de todos los reinos biológicos.

Cabe señalar, que los estudios de caso (frecuentemente nombrados como métodos de caso), han mostrado ser herramientas eficaces en la enseñanza de las ciencias en diferentes contextos educativos; algunas de las ventajas que ofrece la implementación de los métodos de caso son: propiciar el aprendizaje reflexivo, favorecer habilidades de comunicación y pensamiento, ser una herramienta flexible en diferentes contextos, fomentar la interacción y el trabajo entre pares, inducir la toma de decisiones, entre otros (Freeman, 1994; Freeman, 1997; Merseth, 1991).

Con base en el análisis de todos los trabajos resueltos de los alumnos, se encontró que en ambos grupos experimentales se logró fomentar aprendizajes procedimentales, como el desarrollo en habilidades argumentativas, así como en la articulación y utilización de conceptos para la resolución del estudio de caso. Sin embargo, es prudente mencionar que la inasistencia de los alumnos dificultó el desarrollo de la

⁹ Es el surgimiento de desequilibrio en un individuo que sustenta alguna concepción que entra en conflicto con la concepción de otro individuo, o de la concepciones científicamente aceptadas (Aguilar y Asuman 2003).

actividad, ya que se perdía la secuencia del trabajo; no obstante, la mayoría del grupo asistió a todas las sesiones donde se revisó el estudio de caso.

A pesar de los resultados favorables, se detectaron diversas confusiones que los alumnos plasmaron en los materiales. Las confusiones más resaltantes observadas fueron:

- Asentar que el piruvato y el lactato son la misma molécula.
- Asumir que el exceso de ácido láctico se puede deber al consumo de productos lácteos, presumiblemente por coincidencias etimológicas.
- Establecer que el oxígeno obtenido en el intercambio gaseoso se utiliza en el ciclo de Krebs.

Como muestra la tabla 22, los alumnos de los grupos experimentales vincularon la problemática planteada en el caso con: mala alimentación, adicción a drogas, enfermedades pulmonares, tabaquismo, entre otros. Dichas relaciones resultan ser altamente intuitivas y se consideraron como factores plausibles. En esa línea, las hipótesis y propuestas experimentales que los alumnos plantearon resultaron ser congruentes y funcionales en la mayoría de los casos. Sin embargo, es evidente que muchos alumnos se abstuvieron de plantear hipótesis y propuestas de comprobación; lo que generó un sesgo en la interpretación del docente en la evaluación cualitativa.

Posteriormente, con base en la información que el caso le proporcionó a los alumnos, propusieron diversos análisis clínicos alternativos como: resonancia magnética en el cerebro, análisis de sangre, exámenes del corazón, etcétera (tabla 23). Dichas propuestas, nos ayudan a inferir que los alumnos relacionaron correctamente diversos sistemas del cuerpo humano, interpretando que una falla a nivel sistémico, se puede relacionar con otros sistemas y órganos como: cerebro corazón, riñones, etcétera. Se ha encontrado que en diferentes grados educativos el papel de la respiración, no se logra relacionar correctamente con otros procesos (principalmente la digestivos y circulatorios); aparentemente por una enseñanza de los procesos fisiológicos desvinculada e inconexa (Nuñez y Banet, 1996). Si bien, en el estudio de

caso no se enfatizó de forma explícita la relación entre diferentes sistemas del cuerpo humano, se puede apreciar que el caso contribuyó a que los alumnos expusieran sus modelos conceptuales y los contrastaran con los de sus compañeros.

Como se puede observar en la tabla 24, casi ningún alumno de ambos grupos experimentales logró relacionar algún síntoma con el metabolismo anaeróbico. Esto se debió a que el tema de fermentación se revisó posteriormente, por lo que los estudiantes no contaban con las suficientes herramientas conceptuales para lograr relacionar ambos fenómenos. Sin embargo, algunos alumnos lograron relacionar la elevada concentración de O_2 en sangre, con el metabolismo anaeróbico utilizando la información que proporcionaba el caso; por lo que resulta prudente reorganizar la secuencia didáctica.

Como muestra la tabla 25, la mayoría de alumnos de ambos grupos experimentales, logró relacionar de forma adecuada y explícita los efectos del cianuro con la cadena transportadora de electrones; por otro lado, en el grupo C se puede observar que la mayoría de los alumnos no logró definir claramente la función del O_2 como último aceptor de electrones; En contraste, la mayoría de alumnos del grupo D sí lo logró. Finalmente, la mayoría de los alumnos de ambos grupos, logró identificar los efectos tóxicos del cianuro en la respiración de otras especies, argumentando en la mayoría de los casos la función de la mitocondria.

8.3.5 Fermentación

La revisión del proceso de fermentación, se realizó principalmente de forma expositiva con preguntas intercaladas. Los recursos didácticos se compusieron de diapositivas que contenían principalmente esquemas que representaron: eficiencia energética de la fermentación (contrastado con la respiración), productos finales de la fermentación, piruvato como último aceptor de electrones, ciclo del lactato, entre otros.

Con la finalidad de mantener secuencialidad en la enseñanza del proceso de respiración, se optó por revisar el tema de fermentación en la última sesión. Dicha

organización pudo no ser la más adecuada, ya que dadas las condiciones de tiempo, el tema no se revisó con la suficiente profundidad. Aunado a esto, se considera necesaria la generación y aplicación de recursos didácticos que complementen la enseñanza de tipo expositiva (Din Yan Yip 2000). No obstante, como se muestra en la gráfica 9, los grupos experimentales mostraron una diferencia estadística significativa muy alta ($P < 0.0001$) en contraste con los grupos control; lo que indica que existió aprendizaje conceptual en los grupos experimentales, lo que probablemente se deba a la correcta correlación entre la glucólisis y la fermentación. A pesar de esto, es necesario desarrollar actividades preferentemente experimentales, que muestren el proceso de fermentación a los estudiantes, con la finalidad de afianzar y brindar una mayor significatividad en el aprendizaje del tema.

CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES

Con base en los objetivos planteados en el cuerpo de la tesis, se destacan los logros alcanzados en esta investigación.

1) Se desarrolló una estrategia didáctica desde una visión constructivista compuesta por diversos recursos didácticos, cuyo diseño trató de responder al contexto que se vive en las instituciones de Educación Medio Superior; específicamente en el Colegio de Ciencias y Humanidades. En ese sentido, el desarrollo de la estrategia didáctica constó de: un primer diseño, aplicación (etapa piloto), reelaboración y una segunda aplicación; lo que favoreció la construcción de una estrategia didáctica mejor articulada con los objetivos establecidos.

2) El diseño de la estrategia se inclinó a favorecer el aprendizaje de los temas desde una perspectiva más incluyente con la diversidad biológica, acorde con un enfoque evolucionista¹⁰ y menos apegado a una concepción antropocentrista. Asimismo, se encontró que incluir recursos tecnológicos en la estrategia didáctica como videos, simuladores, diapositivas, entre otros; favoreció notablemente el aprendizaje en los alumnos de los grupos experimentales.

3) Se realizó la intervención didáctica, aplicando la estrategia diseñada en este trabajo de investigación en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente en el turno vespertino, en dos grupos durante el semestre 2015-1. Desde el diseño hasta la intervención, se incluyeron los aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales que se proponen en el plan de estudios vigente del CCH.

4) Se evaluó la estrategia didáctica desde dos enfoques complementarios, el cuantitativo y el cualitativo; el cuantitativo implicó el diseño e implementación de instrumentos de evaluación de tipo objetivos (pre-test y post-test) con un tratamiento estadístico, lo cual permitió contrastar el aprendizaje conceptual entre los grupos

¹⁰ Enfoque evolucionista: La estrategia didáctica desarrollada en esta investigación, propone generar en los alumnos un pensamiento evolucionista, visualizando a los organismos como un eslabón en la cadena cambiante de la vida tomando en cuenta su entorno histórico (Martínez y Barahona, 1998). En ese sentido, actividades como la realización del modelo de glucólisis y parte del método de caso, considera los procesos de respiración celular y fermentación como procesos catabólicos compartidos por la mayoría de los organismos eucariotas.

experimentales y control; lo que posibilitó el establecimiento criterios para validar de forma objetiva (nunca absoluta) el aprendizaje a nivel conceptual de los alumnos. La evaluación de la estrategia desde el enfoque cualitativo se realizó interpretando las evidencias obtenidas durante y después de las actividades; siendo el análisis de video, cuestionarios de opinión, las rúbricas, el reporte del modelo y la resolución del estudio de caso, las principales herramientas que permitieron hacer una interpretación del proceso de construcción del conocimiento en los alumnos. En ese sentido, las opiniones favorables de los estudiantes ayudaron a corroborar la pertinencia y eficacia de la estrategia didáctica.

En relación con las metas alcanzadas y con base en los resultados obtenidos en esta investigación, se puede afirmar que la estrategia didáctica que se implementó sí promueve aprendizajes conceptuales, además de favorecer el desarrollo de aprendizajes procedimentales y actitudinales. En esa línea, el análisis estadístico de los resultados obtenidos, permitió corroborar que los estudiantes a los que se les aplicó la estrategia tuvieron un mejor desempeño después de la intervención; asimismo, el contraste entre los grupos experimentales y control fue estadísticamente favorable en los grupos experimentales. En ese sentido, se tomó en cuenta como un cambio conceptual favorable el aprendizaje, reconstrucción y articulación de los siguientes conceptos: la energía química es el tipo de energía más importante para un sistema vivo; los macronutrientes (biomoléculas) son moléculas portadoras de energía química (proteínas, lípidos y carbohidratos); la glucólisis es un proceso en el que se obtiene energía (aprovechable) a partir de la glucosa en el citoplasma, produciendo piruvato; el NADH y FADH₂ son transportadores de electrones y protones que ayudan a generar un gradiente electroquímico en el espacio intermembranal de la mitocondria; el ATP es la principal molécula portadora de energía utilizable para la célula; el oxígeno molecular (O₂), es el último aceptor de electrones en la respiración celular; en la mitocondria y en el citoplasma se lleva a cabo la respiración celular; la respiración no es sinónimo de intercambio gaseoso; la fermentación es un proceso de obtención de energía en ausencia de oxígeno; la

respiración celular y la fermentación son procesos compartidos por muchos organismos para la obtención de energía.

Cabe destacar que en la estrategia siempre se procuró la adquisición de aprendizajes:

- 1) Conceptuales mediante: exposiciones, animaciones, videos, esquemas, entre otros.
- 2) Procedimentales mediante: simuladores, mapas conceptuales, informes, modelos materiales, cuadros comparativos y la resolución de un estudio de caso, donde los estudiantes aplicaron conocimientos conceptuales en la resolución de todas las actividades.
- 3) Actitudinales principalmente: trabajo colaborativo, con el fin de construir, discutir y compartir el contenido aprendido entre pares; fomentando actitudes positivas como la tolerancia, el respeto y la responsabilidad; y ante todo, se procuró que el docente transmitiera una actitud positiva a los alumnos, así como fomentar con su *praxis*, valores y virtudes que son difíciles de decir verbalmente, pero son más fáciles de mostrar en acciones.

En ese sentido, el profesor procuró ejercer una práctica docente más humanista y menos impositiva, tratando de fomentar el gusto por el conocimiento, más que el gusto por la calificación; en aras de atacar preconcepciones negativas sobre la dificultad de estudiar ciencias, así como fomentar la valoración de los argumentos y explicaciones científicas.

Si bien es cierto que los alumnos a los que se les aplicó la estrategia obtuvieron un mejor desempeño conceptual y evidencias de adquisición de aprendizajes procedimentales y actitudinales, muchos de los instrumentos y parte de la secuencia de la estrategia contiene algunas desventajas. Una de las desventajas fue el diseño de la prueba de conocimientos conceptuales, ya que (como se menciona en el análisis de resultados), presumiblemente, algunas preguntas cerradas provocaron que los alumnos asociaran las respuestas con las preguntas por una palabra. Por otra parte, se considera un acierto incluir preguntas de opción múltiple y abiertas en la misma prueba; sin embargo, fue evidente que se limitó a los alumnos a responder de forma

verbal los cuestionamientos, es decir, sería prudente incluir reactivos donde los alumnos pudieran dibujar su interpretación de algunos conceptos y procesos.

Otra evidente desventaja se observó en relación con el concepto de fermentación, ya que fue evidente que no se le dedicaron suficientes actividades y tiempo para que los alumnos logaran relacionar adecuadamente todos los conceptos con los que se articula la fermentación. De acuerdo con lo dicho anteriormente, sería prudente considerar la revisión del tema fermentación después del proceso de glucólisis (no al final), lo cual ayudaría a los alumnos a conectar ambos procesos con un sentido lógico y secuencial.

Es importante destacar que el diseño de la estrategia, así como la concepción de enseñanza que se sustenta en esta investigación es constructivista, por lo que se buscó generar experiencias de aprendizaje incluyentes que satisficieran un amplio espectro ante las diversas preferencias de aprendizaje de los alumnos, intentando poner a los estudiantes en el centro de toda la experiencia didáctica. Muchos alumnos expresaron su preferencia por actividades que incluyeran recursos más visuales como los videos, otros prefirieron la generación de modelos materiales a partir de materiales sencillos; en ese tenor, se considera que es un acierto incluir elementos que tengan en cuenta la diversidad y preferencias de los alumnos con múltiples recursos que enriquezcan su experiencia como alumnos.

Uno de los recursos que implicó más tiempo que los demás fue el método de caso, el cual fue un elemento fundamental en el logro de los objetivos de aprendizaje planteados en esta tesis, ya que permitió a los alumnos aplicar, repasar y reconstruir con sus compañeros el conocimiento adquirido en sesiones anteriores. Se piensa que la resolución del estudio de caso ayudó a los alumnos a confrontar ideas alternativas distanciadas del conocimiento científico y los alejó de explicaciones tautológicas como “respira para no morir; muere porque no respira”, ya que en el caso se fundamentó el por qué los organismos pueden morir no sólo si dejan de hacer intercambio gaseoso, sino qué pasa cuando un organismo es expuesto a un inhibidor de la respiración celular como el cianuro.

Como se mencionó en el análisis de resultados, existió una fuerte confusión relacionada con el proceso de fermentación, ya que en la tercera parte del método de caso se hace alusión a la fermentación mediante síntomas comúnmente presentados en la acidosis láctica por lo que sería prudente reconsiderar la revisión del tema fermentación antes del método de caso.

9.1 Perspectivas

Los aportes que se derivan de esta investigación, radican en la implementación de recursos didácticos como: simuladores, modelos materiales, estudios de casos, entre otros; que en conjunto componen una estrategia didáctica novedosa y eficaz para la enseñanza y aprendizaje de los temas de respiración celular y fermentación. El diseño y desarrollo de cada recurso didáctico se realizó con base en los principales problemas detectados en investigaciones sobre la enseñanza y aprendizaje de los temas antes mencionados, siempre considerando el contexto y el alumnado al que se enfocó la estrategia didáctica.

La presente tesis, parte de la idea de poder generar recursos didácticos que puedan ser aplicados en diversos contextos escolares (con sus respectivos ajustes y modificaciones); si bien es cierto que los equipos utilizados en este proyecto como computadoras y proyectores han reducido sus costos en los últimos años, es importante mencionar que muchas instituciones educativas no cuentan con los medios económicos para adquirirlos, lo que podría representar un obstáculo en la aplicación de la estrategia didáctica. Sin embargo, cabe mencionar que en el diseño se contemplo cierta flexibilidad de aplicación, permitiendo la adaptación de la mayoría de los recursos didácticos en contextos escolares desfavorecidos económicamente.

Como toda investigación, la presente es perfectible y susceptible a múltiples modificaciones metodológicas. Algunas limitaciones de la estrategia didáctica es el tiempo utilizado en la aplicación, lo que puede representar una desventaja para los docentes.

Con base en los resultados obtenidos, las perspectivas de desarrollo de esta investigación es la realización de estudios longitudinales que permitan dar seguimiento en el aprendizaje de los alumnos de forma individual. A su vez, sería favorable conocer la eficacia de la estrategia didáctica o parte de los recursos didácticos que la componen, en diversos contextos escolares, valorando las impresiones de los docentes que la apliquen.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, M., Monroy, L., Rueda, K. (2010). Situaciones a-didácticas para la enseñanza de la simetría axial utilizando cabri como medio. *Revista Integración*. Colombia. 28(2).

Acosta, S., García, M. (2012). Estrategias de enseñanza utilizadas por los docentes de biología en las universidades públicas. *Omnia*. Venezuela. 18(2).

Aguilar, P., Asuman, O. (2003). Generación del conflicto cognitivo a través de una actividad de criptografía que involucra operaciones binarias. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. México. 7(2).

Araya, V., Alfaro, M., Andonegui, M. (2007). Constructivismo: orígenes y perspectivas. *Laurus*. Venezuela. 8(24).

Audesirk, T., Audesirk, G., Byers, B. (2008). *Biología: La vida en la tierra*. Estados Unidos. Pearson Educación.

Ávila, A., Ortega, M. (Coord.) (2012). *Reflexiones sobre los programas de estudio a partir de la construcción del Examen de Diagnóstico Académico (EDA) y el análisis de sus resultados: Área de Ciencias Experimentales*. México. UNAM.

Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico: contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. México. Siglo XXI Editores.

Bahar, M., Johnstone, A., Hansell, M. (2010). Revisiting learning difficulties in biology, *Journal of Biological Education* Escocia. 23(2).

Baines, A., Mcvey, M., Rybarczyk, B., Thomson, J., Wilkins, H. (2004). Mystery of the toxic flea dip: an interactive approach to teaching aerobic cellular respiration. *Cell Biology Education* Estados Unidos. 3.

Belmonte, M. (1997). *Mapas conceptuales y uves heurísticas de Gowin: técnicas para todas las áreas de las enseñanzas medias*. España, Mensajero.

Boomer, S., Latham K. (2011). Manipulatives-based laboratory for majors biology – a hands-on approach to understanding respiration and photosynthesis. *Journal of Microbiology & Biology Education*. Estados Unidos. 12(2).

Casadei, L., Cuicas, M., Debel, E., Álvarez, Z. (2008). La simulación como herramienta de aprendizaje en física. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*. Costa Rica. 8(2).

Chamizo, J., García, A. (Coord.) (2010). *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales*. México. UNAM.

Charrier, M., Cañal, P., Vega, R. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las ciencias*. España. 24(3).

Chaves, A. (2001). Implicaciones educativas de la teoría sociocultural de Vigotsky *Educación*. Costa Rica. 25(2).

Cherif, A., Eaglin, J., Movahedzadeh, F., Martyn, M., Cannon C., Ayesh, S. (2014). College Students: Use of YouTube videos in learning biology and chemistry concepts. *Pinnacle Educational Reserch & Development*. Estados Unidos. 2(6).

Colegio de Bachilleres CB; Dirección de planeación académica (2013). *Plan de estudios Biología I: La vida en la tierra I*. México. SEP.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH (1996). *Plan de Estudios Actualizados*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH (2006). *Orientación y sentido de las áreas del plan de estudios actualizado*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH (2010). *Plan General de Desarrollo: para el Colegio de Ciencias y Humanidades 2010-2014*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH (2013). *Comisión especial para la actualización de los programas de biología I y biología II*. México. CCH-UNAM.

Coll, C. (1986). *Psicología genética y aprendizajes escolares*, México, Siglo Veintiuno.

Coll, C. (1996). *Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica*. España, Universidad de Barcelona.

Consejo Académico de Bachillerato CAB (2001). *Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM*, México, UNAM.

Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A., Massarini, A. (2008). *Curtis: Biología*. Chile. Panamericana.

Díaz Barriga, F., Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. México. McGraw-Hill.

Din Yan Yip (2000). Promoting a better understanding of lactic acid fermentation. *Journal of Biological Education*. China. 35(1).

Domingos, P., Mellado, V., Ruiz, C. (2004). Evolución de las ideas alternativas de un grupo de alumnos portugueses de secundaria sobre fotosíntesis y respiración celular. *Revista en Educación en Biología*. Portugal. 7(1).

Eggen, P., Kauchak, D. (2009). *Estrategias docentes: enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*. México. Fondo de Cultura Económica.

Estribano, A. (2004). *Aprender a enseñar: fundamentos de didáctica general*. España. Universidad de Castilla la Mancha.

Feo, R. (2010). Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas. *Revista Tendencias Pedagógicas*. 1(16).

Fernández, J., García, J., Asencio, I., Carballo, R. (2011). *Problemas de estadística aplicada a la educación: Guía práctica para profesores y estudiantes*. España. Síntesis.

Ferreiro, G., Ocelli, M. (2008). Análisis del abordaje de la respiración celular en textos escolares para el ciclo Básico Unificado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Argentina. 7(2).

Fontaines, T., Rodríguez, Y. (2008). Estructuras e interacciones en la construcción del conocimiento. *Laurus*. Venezuela. 14(28).

Freeman, C. (1994). Case studies in science. A novel method of science education. *Journal of College Science Teaching*. Estados Unidos. 23(4).

Freeman, C. (1997). What is a case? Bringing to science education the established teaching tool of law and medicine. *National Science Teachers Association*. Estados Unidos. 27(2).

Freeman, C. (1998). What makes a Good case? Some basic rules of good storytelling help teachers generate students excitement in the classroom. *National Science Teachers Association*. Estados Unidos. 27(3).

Freud, S. (1975). *Sigmund Freud Obras completas Volumen 7*, Argentina, Amorrortu Editores.

Gaceta amarilla (1971, 01 de febrero), Proyecto para la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades y de la Unidad Académica del Bachillerato. México. *Gaceta UNAM*. Extraordinario (2).

Galagovsky, L. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. *Enseñanza de las ciencias*. España. 22(3).

García, A. (1991). Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de bachillerato y COU. *Investigación y experiencias didácticas*. Sevilla. 9(2).

García, E., González, J. (Coord.) (2013). *Documentos y Testimonios de la Historia del Colegio de Ciencias y Humanidades*, México, CCH-UNAM.

Garófalo, S., Alonso, M. (2014), Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje: El caso del metabolismo de los carbohidratos. *Enseñanza de las Ciencias*. Argentina. 3(32).

Glannakos, M., Konstantinos, C., Chrisochoides, N. (2015), Making sense of videos analytics: lessons learned from clickstream interactions, attitudes, and learning outcome in a video-assisted course. *International Review of Reserch in Open and Distributed Learning*. Noruega. 16(1).

Gómez, A., Díez-Palomar, J., Ormazábal, J., Flecha, R., Vilà, R. (2012). *Estadística básica para educadores*. España. Síntesis.

Gorzanga, L. (2006). Perspectivas de la biotecnología en las ecotecnologías. *Scientia Et Technica*. Colombia. 12(32).

Guerrero, M. (2006). El punto de retorno: Una experiencia de estudiantes de bachillerato universitario. *Investigación temática*. México. 11(29).

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (1991). *Metodología de la Investigación*. México. Mcgraw-Hill.

Hernández, V. (2008). *Mapas conceptuales: la gestión del conocimiento en la didáctica*. México. Alfaomega.

Iglesias, M., Rodrigo, D. (2013), La web 2.0 en el proceso de enseñanza aprendizaje: una experiencia de innovación docente universitaria. *Cuestiones Pedagógicas*. España. 22(1).

Instituto Nacional para la Evaluación Educativa INEE (2013). *La Educación Media Superior en México*. México. SEP.

Jurado, A., Flores, F., Delgado, L., Sommer, H., Martínez, A., Sánchez, M. (2015). Distractores en preguntas de opción múltiple para estudiantes de medicina: ¿cuál es su comportamiento en un examen sumativo de altas consecuencias? *Investigación en Educación Médica*. México. 4(14).

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Investigación Didáctica*. Brasil. 24(2).

Kerlinger, F., Lee, H. (2002). *Investigación del comportamiento*. México. Mcgraw-Hill.

Kleinman, E., Dwyer, F. (1999). Analysis of computerized visual skills: Relationships to intellectual skills and achievement. *International Journal of Instructional Media*. Estados Unidos. 26(1).

Latham, M. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Italia. FAO.

Lehninger, A., Nelson D., Cox, M. (1995). *Principios de bioquímica*. España, Omega.

Lopes, J., Ferreira, K. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Innovaciones didácticas*. Brasil. 22(1).

López, M. (2007). *Modelo didáctico de educación ambiental constructivista, para el programa de Biología de Bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades* (Tesis de Maestría en Docencia). México. UNAM-MADEMS.

Martínez, S., Barahona, A. (Comp.) (1998). *Historia y explicación en biología*, México, Fondo de Cultura Económica

Martínez, C., García, B., Gallegos, L., López S. (2014). Transformación de las ideas sobre catabolismo de estudiantes de Bachillerato, después de participar en la aplicación de una secuencia didáctica diseñada para el proyecto Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM. *Investigación y Desarrollo*. México. 17(1).

Maturano, C., Aguilar, S., Nuñez, G. (2009). Propuestas para la utilización de imágenes en la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación Argentina*. 49(4).

Merseeth, K. (1991). *The Case for Cases in Teacher Education*. Estados Unidos. American Association for Higher Education.

Monroy, M. (2013). *Psicología educativa*. México. UNAM.

Mora, A. (2002). Obstáculos epistemológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar. *Revista de las Sedes Regionales*. Costa Rica. 3(5).

Morales, H. (2008). *Estrategias didácticas para la enseñanza aprendizaje del concepto de mutación en el bachillerato* (Tesis de Maestría en Docencia). México. UNAM-MADEMS.

Moreira, M. (2012). Organizadores previos y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Investigación Científica*. Chile. 7(2).

Morris, L. (2011). *Teorías de aprendizaje para maestros*. Estados Unidos. Trillas.

Muñoz, L., Ávila, J. (Coord) (2012). *Población Estudiantil del CCH ingreso, tránsito y egreso*. México. UNAM.

Muñoz, M. (2010). *Conociendo los modelos materiales sobre enlace químico a través de una unidad didáctica basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje científico, para nivel medio superior* (Tesis de Maestría en Docencia). México. UNAM-MADEMS.

Murray, R., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P., Rodwell, V., Weil, A. (2009). *Harper: Bioquímica ilustrada*. México. Mcgraw-Hill.

Näs, H. (2012). Understanding Photosynthesis and Respiration: Is It a Problem? Eighth Graders' Written and Oral Reasoning About Photosynthesis and Respiration. En Chwee, K., Tan, D., Kim, M. (Ed.). *Issues and Challenges in Science Education Reserch*. Suecia. Springer.

Nuñez, F., Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Investigaciones y Experiencias Didácticas*. España. 14(3).

OCDE (2006). *Science, Technology and Industry: Outlook 2006*. Francia. OCDE.

- Orellana, A. (2008). *Estrategias en educación*. Venezuela. McGraw-Hill.
- Panizza, M. (comp.) (2003). *Enseñar matemática en el nivel inicial y el primer ciclo de la EGB*. Argentina. Paidós.
- Pantoja, J., Covarrubias, P. (2013). La enseñanza de la biología en el bachillerato a partir del aprendizaje basado en problemas (ABP). *Perfiles Educativos*. México. 35(139).
- Piaget, J. (2005). *Inteligencia y afectividad*. Argentina. Aique.
- Reynolds, J. (1990). *El método de caso y la formación en gestión: Guía práctica*. España. Instituto de la Pequeña y Mediana Industria Valenciana.
- Rosker, E. (2006). El método de caso como herramienta transformadora de la sociedad. *Universidad & Empresa*. Colombia. 5(11).
- Santrock, J. (2004). *Adolescencia*. Estados Unidos. McGraw-Hill.
- Schmelkes, S. (2001). La combinación de estrategias cuantitativas y cualitativas en la investigación educativa: Reflexiones a partir de tres estudios. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. México. 3(1).
- Schunk, D. (2012). *Teorías del aprendizaje: una perspectiva educativa*. Estados Unidos. Pearson.
- Solomon, E., Berg, L., Martin, D. (2008). *Biología*. Estados Unidos. McGraw-Hill.
- Soussan, G. (2003). *Enseñar las ciencias experimentales: didáctica y formación*. Chile. UNESCO.
- Tamayo, O. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración* (Tesis Doctoral). España. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Universidad Nacional Autónoma de México UNAM (2013). *Modelo educativo del sistema universidad abierta y educación a distancia de la UNAM*. México. UNAM.
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (2008), *El método del caso: Guías rápidas sobre nuevas metodologías*, España, Servicio de Innovación Educativa-UPM.

Valenzuela, R. (2013). Las redes sociales y su aplicación. *Revista Digital Universitaria* México. 14(4).

Vielma, E., Salas M. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner: Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. *Educere*. Venezuela. 3(9).

Viera, T. (2003). El aprendizaje verbal significativo de Ausubel: Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural. *Universidades*. México. 1(26).

Voet, D., Judith, V. (2006). *Bioquímica*. Argentina. Panamericana.

Wayne, M., Lewis, J., Hardin, J. (2006). *El mundo de la célula*. España. Pearson.

Yenilmez, A., Tekkaya, C. (2006). Enhancing students' understanding of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. *Journal of Science Education and Technology*. Turquía. 15(1).

Zabala, A. (2004). Los enfoques didácticos, En Coll, C., Martín, E., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I., Zabala, A. (Coord.) *El constructivismo en el aula*. España. Graó

Zarzar, C. (2005). *La evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje*. México. Patria.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Andreu, M., González, J., Labrador, M., Quintanilla, I., Ruiz, T. (2004), *Método del caso: Ficha descriptiva y de necesidades*. España. UPV. Consultado en <http://www.upv.es/nume/descargas/fichamdc.pdf>.

Cámara de Diputados (2014). Boletín N°. 2923 Aprueban reformas a ley del CONACyT para fortalecer la formación de educadores en ciencia y tecnología. México.

Consultado en

<http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/Comunicacion/Boletines/2014/Febrero/06/2923-Aprueban-reformas-a-ley-del-Conacyt-para-fortalecer-la-formacion-de-educadores-en-ciencia-y-tecnologia>.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH (s/a). Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades. México. Consultado en

<http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/MODELO%20EDUCATIVO%20DEL%20COLEGIO%20DE%20CIENCIAS%20Y%20HUMANIDADES.pdf>.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH. Programa de estudio: Biología I. México.

UNAM. Consultado en

http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio/mapa_biologia.pdf.

Dirección General de Bachillerato DGE (2013). Bachillerato. México. Consultado en

<http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/01-dgb/bachillerato.php>

Instituto Politécnico Nacional IPN (2014). Planes de estudio. CECyT 10. México.

Consultado en http://www.cecyl10.ipn.mx/Paginas/Estudiantes/Planes_Estudio.aspx

Méndez, M. (2011). Adolescentes en situación a-didáctica en la clase de matemáticas.

México. XI Congreso Nacional de Investigación Educativa (Ponencia: memoria electrónica). Consultado en

http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/docs/area_05/0836.pdf

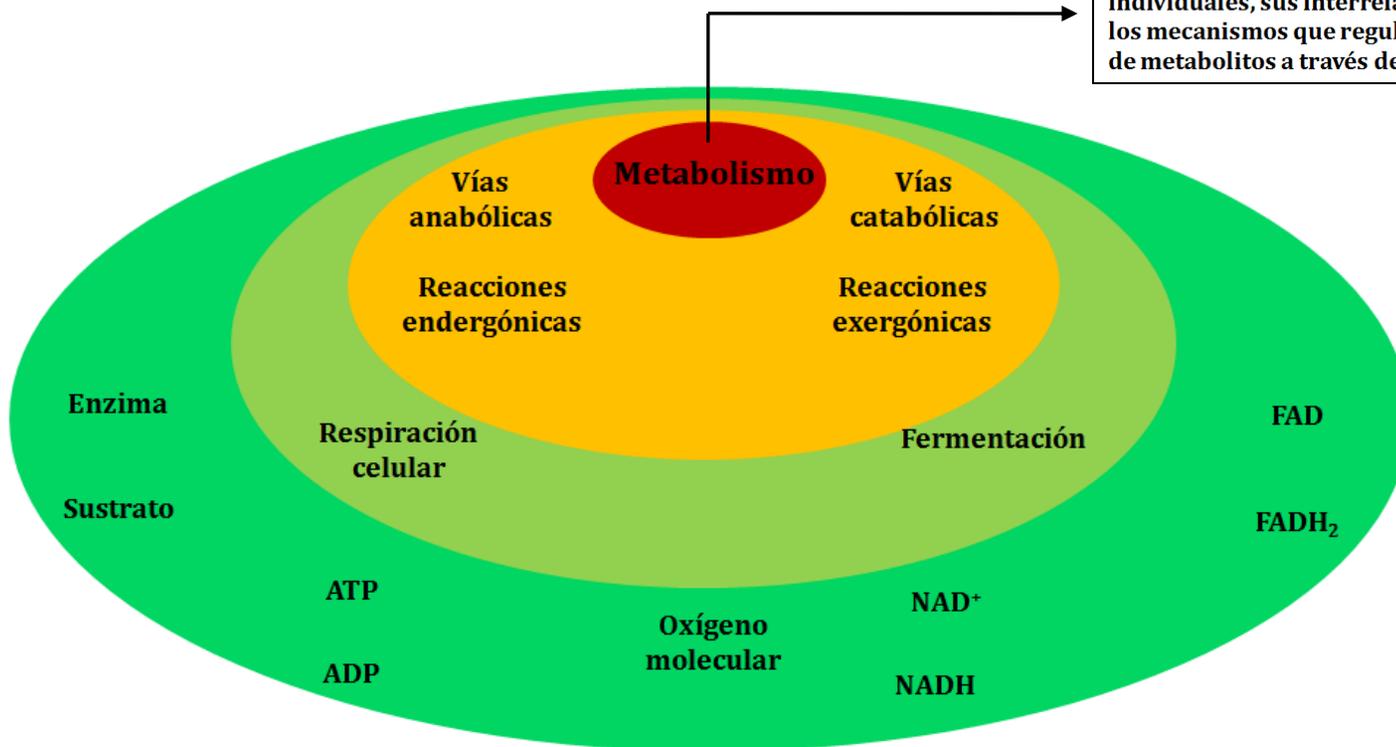
Pearson Education, Inc. (s/a). Consultado en

http://www.phschool.com/science/biology_place/biocoach/cellresp/quiz.html?RADIO1=b&RADIO2=a&RADIO3=d&RADIO4=d&RADIO5=e&RADIO6=a&RADIO7=c&RADIO8=e&RADIO9=c&RADIO10=a&RADIO11=c&RADIO12=a&RADIO13=e&RADIO14=b&RADIO15=c&RADIO16=a&x=88&y=6

Secretaría de Educación Pública SEP (2013). Antecedentes; Dirección General de Bachillerato. México. Consultado en <http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/01-dgb/antecedentes.php>

Anexo 1: Estructura conceptual

Metabolismo: Es la interconversión de compuestos químicos en el cuerpo, las vías que siguen moléculas individuales, sus interrelaciones, y los mecanismos que regulan el flujo de metabolitos a través de las vías.



	Concepto principal
	Vías metabólicas
	Procesos catabólicos
	Conceptos adyacentes

Anexo 2: Generalidades de la estrategia didáctica (etapa piloto)

El inicio de la prueba piloto consistió en la aplicación de un examen de conocimientos sobre el tema de respiración celular, para conocer si los alumnos manejaban el tema con claridad e identificar algunas ideas previas de los alumnos (anexo 3). Dicho pre-test, se aplicó al inicio de la estrategia didáctica, es decir, en la primera sesión.

La prueba contenía 6 preguntas de opción múltiple, con la posibilidad de contestar de forma abierta argumentando la respuesta y 2 preguntas abiertas, donde los alumnos tenían que argumentar sus respuestas.

El pre-test se aplicó en 24 alumnos, y como resultado de dicha aplicación se obtuvo información relevante sobre las ideas previas que poseen los alumnos acerca del tema.

Algunas de las ideas más relevantes obtenidas en el pre-test fueron las siguientes:

- El 62.5% piensa que la energía más importante para la célula es la energía química; mientras que el 37.5% piensa que es la energía calorífica.
- El 66.6% reconoce a las proteínas, azúcares y lípidos como las biomoléculas (manejado en el pre-test como macronutrientes) implicadas en la respiración celular; mientras que el 33.4% relaciona a dicho proceso con oxígeno molecular, ácidos nucleicos y nucleótidos.
- El 91.6% reconoce al Adenosin trifosfato (ATP), como la molécula energética que utilizan los organismos para mantenerse, producida en la respiración celular; mientras que el 8.4% reconoce a los triglicéridos.
- Finalmente, el 16.6% identifica la función del oxígeno molecular como el último aceptor de electrones; mientras que la mayoría con un 83.4%, piensa que sirve para generar agua en el ciclo de Krebs.

Algunas de las ideas previas encontradas en dicho grupo, coinciden con ideas previas encontradas en otro estudio (Charrier *et al.*, 2006); donde los autores señalan con

base en una amplia investigación bibliográfica diversas concepciones alternativas como:

“Para muchos estudiantes la respiración es sinónimos de intercambio gaseoso [...], la respiración ocurre sólo en las células del sistema respiratorio [...], el oxígeno es fuente de energía [...], se desconoce que la respiración es una fuente de obtención de energía” (Charrier *et al.*, 2006: 404).

En ese sentido, resultaba imprescindible en esta investigación el reconocimiento de algunas ideas alternativas en la población del CCH, ya que su detección y análisis permitió diversas modificaciones en el diseño de la estrategia didáctica, con el fin de asistir una reestructuración cognitiva que favoreciera el aprendizaje significativo (Domingos *et al.*, 2004).

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se realizaron algunas modificaciones a la estrategia didáctica que se aplicó a dicho grupo. En el siguiente cuadro se muestran las actividades y recursos utilizados en la aplicación de la estrategia didáctica (etapa piloto), así como las evidencias obtenidas en cada actividad.

Tabla 33. Se muestran las diferentes actividades de cada sesión por momentos (inicio, desarrollo y cierre), así como las evidencias generadas que se utilizaron en la evaluación de los alumnos, de la estrategia y el profesor.

RESUMEN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA (PRUEBA PILOTO)			
Sesión	Temática	Actividades	Evidencias
1	Energía, tipos de energía y transformación	<p>Inicio</p> <p>Presentación.</p> <p>Pre-test.</p> <hr/> <p>Desarrollo</p> <p>Lluvia de ideas.</p> <p>Exposición-discusión.</p>	<p>Pre-test.</p> <p>Mapa conceptual (tarea).</p>

		<p>Cierre</p> <p>Resolución de dudas.</p> <p>Tarea.</p>	
2	Macronutrientes y glucólisis.	<p>Inicio</p> <p>Recapitulación del tema anterior.</p> <p>Generación de un mapa conceptual grupal.</p>	<p>No aplica.</p> <p>Resumen (tarea).</p>
		<p>Desarrollo</p> <p>Lluvia de ideas.</p> <p>Exposición-discusión.</p> <p>Uso de animaciones.</p>	
		<p>Cierre</p> <p>Resolución de dudas.</p> <p>Tarea.</p>	
3	Ciclo de Krebs.	<p>Inicio</p> <p>Recapitulación del tema anterior.</p> <p>Discusión sobre el trabajo de investigación (resumen).</p>	Cuestionario.
		<p>Desarrollo</p> <p>Lectura y resolución de cuestionario.</p>	
		<p>Cierre</p> <p>Resolución de dudas.</p>	
4	Cadena transportadora de electrones y fosforilación	<p>Inicio</p> <p>Recapitulación del tema anterior.</p>	Cuadros comparativos
		<p>Desarrollo</p>	

	oxidativa	Explicación expositiva con uso de animaciones.	
		Cierre Resolución de dudas. Tarea.	
5	Respiración celular y nutrición.	Inicio Recapitulación breve de todo el proceso.	Cuestionario de la actividad (simulador).
		Desarrollo Utilización de un simulador de nutrición con proyecciones de datos en tiempo real.	Post-test.
		Cierre Resolución de post-test. Cuestionario de opinión.	Cuestionario de opinión.

Con base en los resultados obtenidos, se consideraron diferentes elementos para mejorar la estrategia aplicada. En la siguiente tabla se muestran las eventualidades ocurridas en la aplicación de la estrategia, así como la propuesta de mejora.

Tabla 34. Muestra las eventualidades más relevantes ocurridas durante la aplicación de la estrategia, con su respectiva propuesta de mejora.

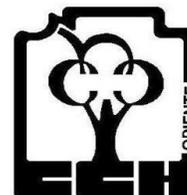
PROPUESTAS DE MEJORA PARA EVENTUALIDADES (PRUEBA PILOTO)	
Eventualidad	Mejora
Los alumnos tienden a llegar 15 después del inicio de clase	Brindar mayor flexibilidad en la planeación en función al tiempo.
Los instrumentos de evaluación de conocimiento (conceptuales), son	Modificar los instrumentos de evaluación para que éstos brinden información

susceptibles a la reproducción.	válida que ayude a contrastar y evaluar el proceso de aprendizaje de los alumnos.
Muchas de las evidencias de aprendizaje, no brindaron información consistente para evaluar aprendizajes procedimentales y actitudinales.	Diseñar recursos didácticos donde los alumnos plasmen sus ideas y conocimientos.
Los simuladores no fueron utilizados en la forma adecuada.	Utilizar salas de cómputo para las actividades que así lo requieran.
Las mayoría de las tareas, no se realizaron, o se realizaron de forma inadecuada	Realizar todas las actividades en el aula.
Las actividades tuvieron un enfoque mayormente antropocentrista, lo que propició poca articulación de la estrategia didáctica con los objetivos de aprendizaje.	Implementar actividades que relacionen el proceso de respiración celular con diversos organismos, con un enfoque evolucionista. Adicionalmente, abordar aspectos generales de la fermentación.
Los alumnos no tuvieron oportunidad de plasmar argumentos y contrastarlos con sus pares.	Diseñar recursos que promuevan el trabajo colaborativo y brinden la oportunidad de discusión entre pares.
No se despertó suficiente interés en los alumnos por el tema.	Desarrollar y articular recursos que contemplen los intereses de los alumnos y apliquen su conocimiento en un caso realista.
Los instrumentos de evaluación no permitieron hacer una comparación estadística viable.	Modificar los instrumentos de evaluación que contemple un proceso de información válido para su contrastación.
Los datos obtenidos no permitieron comparar la estrategia didáctica para su validación.	Comparar la estrategia didáctica con grupos testigo para validarla.
Se destinó poco tiempo a los alumnos para resolver las pruebas de conocimientos.	Utilizar sesiones exclusivas para la resolución de las pruebas de conocimientos

Anexo 3: Pre-test (prueba piloto)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



PLANTEL ORIENTE

Cuestionario de conocimientos previos

Instrucciones sección 1: Escribe en el paréntesis la letra que corresponda a la respuesta correcta; o si prefieres, respóndela de manera abierta (con tus propias palabras y letra legible) en los espacios correspondientes.

1. () ¿Qué tipo de energía es la más importante en una célula?

A) Energía calórica B) Energía mecánica C) Energía química D) Energía eléctrica

E) Responde con tus propias palabras:

2. () ¿Cuáles son los macronutrientes implicados en la respiración celular?

A) Proteínas, azúcares y lípidos B) Ácidos nucleicos y nucleótidos C) Sodio Calcio y carbono

D) Oxígeno molecular (O_2), Dióxido de carbono (CO_2)

E) Responde con tus propias palabras:

3. () La etapa de glucólisis tiene como finalidad el rompimiento de la glucosa (molécula de 6 carbonos) ¿Qué molécula es la que se genera a partir de la glucosa?

A) Acetil coenzima (molécula de 2 carbonos) B) Piruvato (3 carbonos) C) Citrato (6 carbonos)

D) Malato (4 carbonos)

E) Responde con tus propias palabras:

4. () Las moléculas NADH y FADH₂, son muy importantes en el ciclo de Krebs ¿Cuál es la función de estas dos moléculas?

A) Retirar un átomo de carbono del isocitrato B) transportar oxígeno C) Formar agua

D) Transportar electrones (e⁻) y protones (H⁺)

E) Responde con tus propias palabras

5. () ¿Cuál es la molécula energética que los organismos utilizan para mantenerse vivos y se produce en la respiración celular?

A) Agua (H₂O) B) Triglicéridos C) Adenosin trifosfato (ATP) D) Polisacáridos

E) Responde con tus propias palabras

6. () ¿Cuál es la función primordial del Oxígeno molecular (O₂) y en qué etapa del proceso de respiración celular interviene?

A) Es el último aceptor de electrones; en la cadena transportadora de electrones

B) Es una molécula energética; en la glucólisis

C) Sirve para generar agua; en el ciclo de Krebs

D) Se une al piruvato para entrar al ciclo de Krebs; en la cadena transportadora de electrones

E) Responde con tus propias palabras

Instrucciones sección 2: Responde las siguientes preguntas con tus propias palabras y letra legible

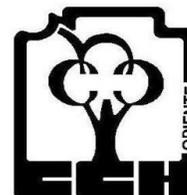
1. Considerando a una persona que obtiene de su alimentación más energía (calorías) de la que gasta ¿Qué piensas que pasa con ese excedente de energía?

2. Con tus palabras define Respiración celular

Anexo 4: Post-test (prueba piloto)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



PLANTEL ORIENTE

Cuestionario Post-test

Instrucciones. Responde las siguientes preguntas con tus propias palabras y letra legible. RECUERDA este examen NO contará para tu calificación, así que NO TIENE CASO COPIAR, este cuestionario tiene fines estadísticos para saber cuáles son los temas de mayor dificultad para los jóvenes y así poder mejorar. GRACIAS

Alumno: _____

1. ¿Qué tipo de energía es la más importante para la célula?

A) Energía química B) Energía calórica C) Energía eléctrica D) Energía mecánica

¿Porqué? _____

2. ¿Qué función tienen los macronutrientes en la dieta de un ser vivo?

3. Según lo que has aprendido ¿Cuál crees tú, que sea la importancia de la glucólisis, es decir, para qué crees que la célula realiza este proceso?

4. ¿Cuál crees que sea la importancia del ciclo de Krebs, es decir, para qué crees que la célula realiza este proceso?

5. ¿Cuál es la función de NAD^+ y FAD^+ ?

6. ¿En la cadena transportadora electrones, quién aporta los electrones y para qué?

7. La ATP sintetasa funciona por un gradiente de concentración, ¿Qué provoca este gradiente?

8. La glucólisis, el ciclo de Krebs y la cadena transportadora de electrones, se realizan en los mismos organelos celulares o en distintos. Explica tu respuesta

9. En el proceso de respiración celular, ¿En qué etapa se generará la mayor cantidad de ATP's?

Explica_____

10.- En tus propias palabras, describe el proceso de respiración celular, indicando las etapas más importantes. (Puedes poner dibujos).

Anexo 5: Pre-test y post-test (aplicación formal)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL ORIENTE



Nombre del alumno _____

Cuestionario de conocimientos previos

Instrucciones: Lee cuidadosamente las preguntas y contéstalas.

1. ¿Qué tipo de energía es la más importante en una célula? Explica tu respuesta.

A) Energía calórica B) Energía mecánica C) Energía química D) Energía eléctrica

2. ¿Cuáles son los macronutrientes (biomoléculas) que aportan energía en la respiración celular?

A) Proteínas, hidratos de carbono y lípidos B) Sodio, calcio y carbono
C) Oxígeno molecular (O_2) y Dióxido de carbono (CO_2) D) Fenilalanina, tirosina y trionina

3. ¿Durante qué etapa de la respiración celular la glucosa se degrada a piruvato?

A) Ciclo de Krebs B) Cadena transportadora de electrones C) Glucólisis

D) Forforilación oxidativa

4. Las moléculas NADH y FADH₂, son muy importantes en el ciclo de Krebs ¿Cuál es la función de éstas dos moléculas?

A) Retirar un átomo de carbono del isocitrato B) Transportar oxígeno

C) Formar agua D) Transportar electrones (e⁻) y protones (H⁺)

5. ¿Qué molécula es el producto energético final en la respiración celular?

A) Agua (H₂O) B) Triglicéridos C) Adenosin trifosfato (ATP) D) Polisacáridos

6. ¿Cuál es la función primordial del oxígeno molecular (O₂) y en qué etapa del proceso de respiración celular interviene?

A) Es el último aceptor de electrones en la cadena transportadora de electrones

B) Es una molécula energética en la etapa de glucólisis

C) Sirve para generar agua en la etapa del ciclo de Krebs

D) Se une al piruvato para entrar al ciclo de Krebs en la cadena transportadora de electrones

7. En células eucariotas ¿Dónde se produce la mayor cantidad de ATP?

A) Citoplasma B) Núcleo C) Mitocondria D) Retículo endoplásmico rugoso

8. Menciona al menos dos diferencias entre respiración pulmonar y respiración celular.

9. Cuando el oxígeno está ausente, algunos organismos pueden obtener energía de la glucosa a partir de otro proceso ¿Cuál es éste proceso?

- A) Fosforilación oxidativa B) Anabolismo C) Síntesis de DNA
D) Fermentación

10. ¿Qué tipo de energía representa la alta concentración de protones en el interior de la matriz mitocondrial?

- A) Energía eléctrica B) Energía cinética C) Energía potencial D) Energía Calorífica

11. ¿En qué parte de la célula se produce la glucólisis?

- A) Citoplasma (citosol) B) Mitocondria C) Retículo endoplásmico liso D) Lisosoma

12. ¿Cuáles son los reactivos más esenciales para que la respiración celular se dé?

- A) Dióxido de carbono y agua B) Agua y glucosa C) Oxígeno y ácido láctico D) Glucosa y oxígeno

13. ¿Cuál de las siguientes secuencias de flujo de energía es común en toda la respiración celular, comenzando con la energía almacenada en la glucosa?

- A) Glucosa -> NADH -> piruvato ->ATP
- B) Glucosa-> ATP -> NADH -> cadena transportadora de electrones
- C) Glucosa-> NADH -> cadena transportadora de electrones -> ATP
- D) Glucosa -> oxígeno -> NADH -> Agua

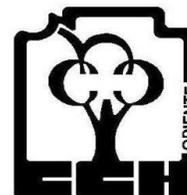
14. Las reacciones de la glucólisis son idénticas en TODOS los organismos que obtienen energía a partir del catabolismo (degradación) de la glucosa: procariontes, protistas, hongos, plantas y animales. ¿Qué sugiere esta universalidad sobre la evolución de la glucólisis?

15. Con tus palabras define Respiración celular.

Anexo 6: Actividad de lectura y cuestionario (prueba piloto)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



PLANTELE ORIENTE

GUARDIAN DE LA SALUD ¿Por qué aumentamos de peso si ingerimos azúcar?

Como sabemos, los seres humanos no sólo viven de glucosa. Por otra parte, una dieta típica no contiene exactamente las cantidades necesarias de cada nutrimento. En consecuencia, las células del cuerpo humano están continuamente ocupadas efectuando reacciones bioquímicas: sintetizan un aminoácido a partir de otro, elaboran grasas a partir de carbohidratos y canalizan los excedentes de moléculas orgánicas de todo tipo para almacenar o liberar energía. Examinemos dos ejemplos de estas transformaciones metabólicas: la producción de ATP (energía) a partir de grasas y proteínas, y la síntesis de grasas a partir de azúcares.

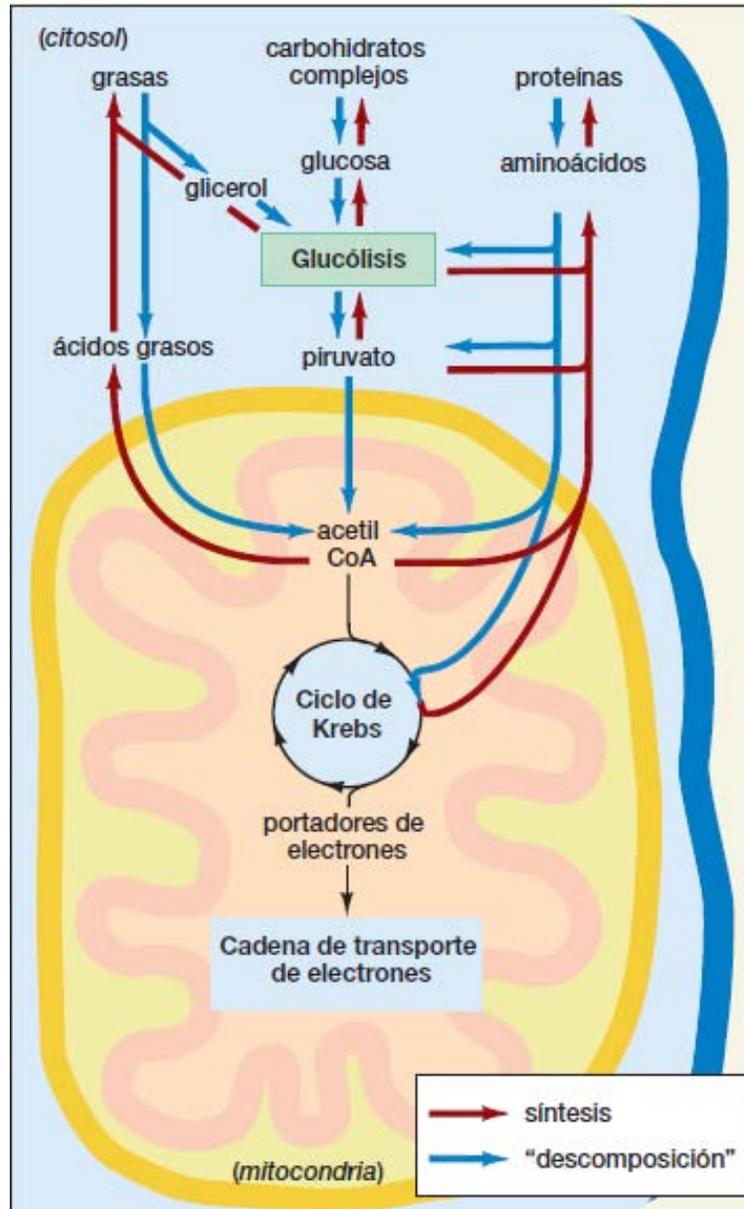
¿CÓMO SE METABOLIZAN LAS GRASAS Y LAS PROTEÍNAS?

Incluso las personas más delgadas tienen algo de grasa en su cuerpo. En condiciones de ayuno o de inanición, el organismo moviliza esas reservas de grasa para sintetizar ATP, porque aun la simple conservación de la vida requiere un suministro continuo de ATP y la búsqueda de nuevas fuentes de alimento demanda aún más energía. El metabolismo de las grasas se incorpora directamente en las vías del metabolismo de la glucosa. Recuerda que la estructura de una grasa es: tres ácidos grasos ligados a un esqueleto de glicerol. En el metabolismo de las grasas, los enlaces entre los ácidos grasos y el glicerol se hidrolizan (se descomponen en subunidades por adición de agua). El glicerol de una grasa, se incorpora directamente al centro de la vía de la glucólisis (ver Figura). Los ácidos grasos son transportado al interior de las mitocondrias, donde enzimas de la membrana interna y de la matriz los dividen en grupos acetilo (las moléculas de acetilo son de dos carbono,). Estos grupos se unen a la coenzima A para formar acetil CoA, que se incorpora al ciclo de Krebs. En los casos de inanición severa (una situación en la que las proteínas que forman los músculos se descomponen para suministrar energía) o en las personas que tienen una dieta alta en proteínas, los aminoácidos se utilizan para producir energía. En primer lugar, los aminoácidos se convierten en piruvato, acetil CoA o los compuestos del ciclo de Krebs. Estas moléculas pasan luego por las etapas restantes de la respiración celular y producen cantidades de ATP que varían según el punto en que entran en la vía.

¿CÓMO SE SINTETIZA GRASA A PARTIR DEL AZÚCAR?

El organismo no sólo ha desarrollado formas de hacer frente al ayuno o la inanición, sino que además ha creado estrategias para enfrentar situaciones en las que la ingesta de alimento excede las necesidades energéticas del momento. Los azúcares y almidones en el maíz, en las barras de caramelo o en las papas se pueden convertir en grasas para almacenar energía. Los azúcares complejos, como el almidón y el disacárido sacarosa, por ejemplo, se hidrolizan primero en sus subunidades monosacáridas. Los monosacáridos se descomponen en piruvato y se transforman en acetil CoA. Si la célula necesita ATP, la acetil CoA entra en el

ciclo de Krebs. Si, por el contrario, la célula tiene ATP en abundancia, la acetil CoA se utiliza para elaborar ácidos grasos mediante una serie de reacciones que son, en esencia, el proceso inverso de la degradación de las grasas. En los seres humanos el hígado sintetiza los ácidos grasos, pero el almacenamiento de grasas queda a cargo de las células adiposas, que se distribuyen de una manera peculiar en el cuerpo, especialmente en torno a la cintura y las caderas. La acetil CoA y otras moléculas intermedias provenientes de la “descomposición” de la glucosa también pueden utilizarse en la síntesis de aminoácidos. Por lo regular, el consumo de energía, el almacenamiento de grasas y la ingesta de nutrientes están equilibrados con precisión. La ubicación del punto de equilibrio, sin embargo, varía de una persona a otra. Algunas personas parecen ser capaces de comer de forma casi continua sin almacenar mucha grasa; otras ansían comer alimentos de alto contenido calórico, incluso cuando tienen mucha grasa almacenada. Desde un punto de vista evolutivo, comer en exceso en épocas en que se dispone de alimento es un comportamiento sumamente adaptativo. Si llegan tiempos difíciles (algo que sucedía comúnmente durante la historia de la evolución del hombre), las personas regordetas pueden sobrevivir, mientras los más esbeltos sucumben por inanición. Sólo desde tiempos recientes (en términos de evolución) los miembros de sociedades como la nuestra han tenido acceso continuo a alimentos ricos en calorías. En estas condiciones, el impulso que lleva a comer y la adaptación consistente en almacenar el exceso



de alimento en forma de grasa originan obesidad, un problema de salud que va en aumento en los países industrializados.

Texto e imagen tomado y modificado de: Audesirk T., Audesirk G., Byers B., 2008, Biología: La vida en la tierra, 8va. Ed., Pearson/Prentice Hall

PLANTEL ORIENTE

Cuestionario de lectura: GUARDIAN DE LA SALUD (Audesik *et al.*, 2008)

Instrucciones: Explica con tus propias palabras los siguientes cuestionamientos (lee cuidadosamente).

¿Para qué sirve la grasa almacenada en el cuerpo?

Si la causa de la obesidad es la acumulación de grasa, y ésta a su vez se considera un grave problema de salud pública ¿Por qué nuestro cuerpo almacena grasa? (Piensa en términos de evolución; procura explicar tu respuesta)

Imagina que comes un dulce (compuesto de sacarosa) y sabes que éste se va a almacenar como grasa. Describe el proceso (de la manera más profunda que puedas) desde que la sacarosa está en la célula, hasta el adipocito ¡Utiliza lo que sabes de triglicéridos!

Anexo 7: Cuadro comparativo (prueba piloto y aplicación formal)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



PLANTEL ORIENTE

Nombre:

Cuadro comparativo respiración (pulmonar) y respiración celular

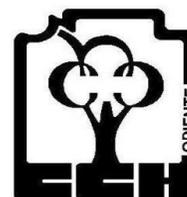
Instrucciones: Responde las preguntas en los cuadros correspondientes.

	Respiración pulmonar	Respiración celular
¿Dónde se lleva a cabo?		
¿Qué órganos u orgánulos están implicados?		
¿Produce energía? (Si/ No)		
¿Cuál es el objetivo principal de cada respiración?		
¿Qué papel ejerce el NADH?		
¿Cuál es el destino final del oxígeno en cada tipo de respiración?		

Anexo 8: Lectura y cuestionario (prueba piloto)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



PLANTEL ORIENTE

Problemática de la obesidad en México

En México, las enfermedades crónico-degenerativas como la obesidad (desequilibrio entre la cantidad de calorías ingeridas a través de alimentos ricos en grasas y azúcares, y una escasa actividad física), están dominando el panorama de la salud, ya que desembocan en la discapacidad y sus complicaciones representan la principal causa de muerte en países desarrollados.

La obesidad y el sobrepeso son el principal problema de Salud Pública en México, pues nuestro país es el primer lugar mundial en niños con obesidad y sobrepeso, y segundo en adultos.

México gasta 7% del presupuesto destinado a salud para atender la obesidad, solo debajo de Estados Unidos que invierte el 9%.

La mala alimentación, el sedentarismo, la falta de acceso a alimentos nutritivos, son factores determinantes del sobrepeso y la obesidad.

Grupos	México		Distrito Federal	
	%	No. Personas	%	No. Personas
Mujeres mayores de 20 años	72	20.52 millones	75.4	2.3 millones
Hombres mayores de 20 años	66	16.96 millones	69.8	69.8 millones
Niños en edad escolar	26	5.54 millones	35	481,785

Fuente: Olaiz-Fernández G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Rojas R, Villalpando-Hernández S, Hernández-Avila M, Sepúlveda-Amor J. ENSANUT 2006. Cuernavaca, México: INSP, 2006.

*Según datos de INEGI, 2005

Estudio de Caso

Instrucciones: Responde las preguntas con tus propias palabras.

Joven de 15 años de edad, sexo masculino, Altura 1.7 metros, peso de 61 Kg, Porcentaje de grasa corporal 11.7 %.

Joven estudiante de bachillerato, con un estilo de vida de actividad moderada que incluye diversas actividades como ir a la escuela, lo que le genera un gasto calórico de 551 Cal/día; adicionalmente, parte de sus actividades incluye una caminata recreacional de 30 minutos al día, los que le consume 156 Cal/día.

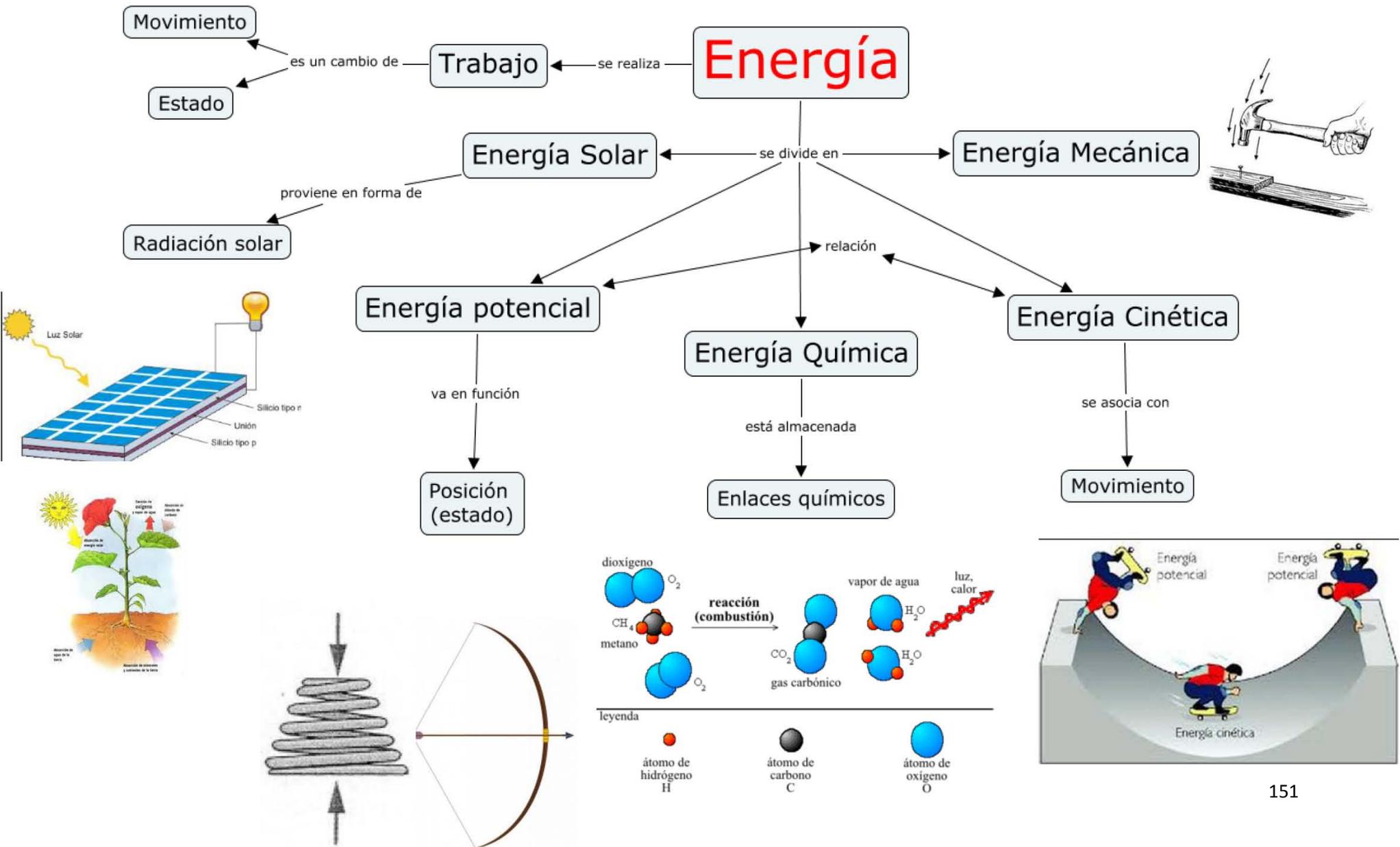
Sus hábitos alimenticios son abundantes en grasas y carbohidratos, y disminuido en proteínas. Los contenidos en grasa le aportan 1042 Cal/día, mientras que los carbohidratos le aportan 1518 Cal/día y el consumo de proteínas proporciona 258 Cal/día.

Preguntándole al joven ¿Qué comes regularmente al día? Contestó. “Como voy a la escuela en la mañana, desayuno generalmente un café capuchino y un pan o unas papas; en la tarde saliendo de la escuela, me compro una hamburguesa con papas y refresco. Para la cena pueden ser muchas cosas. Últimamente he cenado burritos, una rebanada de pizza o tacos”

¿Calcula si el joven está gastando las calorías que consume?

¿Qué pasaría si el joven mantiene estos mismos hábitos durante un año seguido?

Anexo 9: Mapa conceptual sobre tipos de energía (prueba piloto)



Anexo 10: Rúbrica de resumen (prueba piloto)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



PLANTEL ORIENTE

Rúbrica de resumen: Macronutrientes y su función

CRITERIOS	EXCELENTE (10)	BIEN (8)	MEJORABLE (7)	COMENTARIOS DEL PROFESOR
ACLARACIÓN SOBRE EL TEMA	Resumen bien organizado y claramente presentado así como de fácil seguimiento.	Resumen bien focalizado pero no suficientemente organizado.	Resumen impreciso y poco claro, sin coherencia entre las partes que lo componen.	
ELEMENTOS PROPIOS DEL RESUMEN	El resumen fue breve y las ideas se relacionaron entre sí en un solo texto. Solo fueron plasmadas las ideas más importantes.	Se seleccionaron las ideas más importantes pero no se relacionaron coherentemente, el resumen carece de sentido.	El resumen es extenso y no se distinguen las ideas más importantes de las ideas secundarias.	
USO DE FUENTES DE INFORMACIÓN	El alumno utilizó las fuentes de información de manera adecuada (no copió y pegó). Se consultaron al menos 3 fuentes diferentes y se referenciaron adecuadamente (Ver ejemplo).	El alumno utilizó relativamente bien las fuentes de información (se detectaron copias literales). Se consultaron al menos 2 fuentes de información; existieron pocos errores en el formato de referencia.	Casi todo el texto son extractos (copió y pegó mucho). No especifica las fuentes de consulta.	

Consejos para la realización de tu resumen:

- Realiza una lectura atenta de todo el tema para formarte una idea general del mismo. También puedes hacer una lectura párrafo por párrafo, tomando nota de lo importante.

Puedes formularte las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el tema central?
- ¿Qué dice?
- ¿Qué partes tiene?
- ¿De qué habla en cada parte?
- ¿Cuáles son las ideas principales?

Finalmente:

- Haz una segunda lectura detenida del texto, subrayando lo importante.
- Explícate a ti mismo el contenido del tema.

Se te recomienda no utilizar cualquier información de internet, muchas veces ésta es poco confiable. Si vas a utilizar Wikipedia, se te sugiere sólo como fuente complementaria (recuerda no se vale copiar y pegar; lo importante es que leas el tema, hagas el esfuerzo por entenderlo y lo sintetices con tus propias palabras).

Para buscar fuentes en internet confiables, se te sugiere la búsqueda en los siguientes portales:

<http://www.redalyc.org>

<http://scholar.google.es/>

Ejemplos de referencias de fuentes de información

Fuentes:

Libros

Solomon E., 2001, Biología, 5ta Ed, Mcgraw-Hill

Audesirk T., 2008, Biología: La vida en la tierra, 8va Ed, Pearson Prentice Hall

Artículo de internet

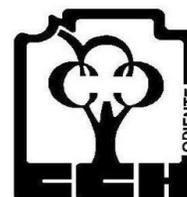
López A., Marcela L., 2006, Cáncer cervicouterino y el virus del papiloma humano: La historia que no termina, *Cancerología*

Autor(es), Año, Nombre del artículo o libro, Edición (solo libro), Nombre de Editorial (libro) ó Nombre de Revista (Artículo).

Anexo 11: Rúbrica para el mapa conceptual (prueba piloto)



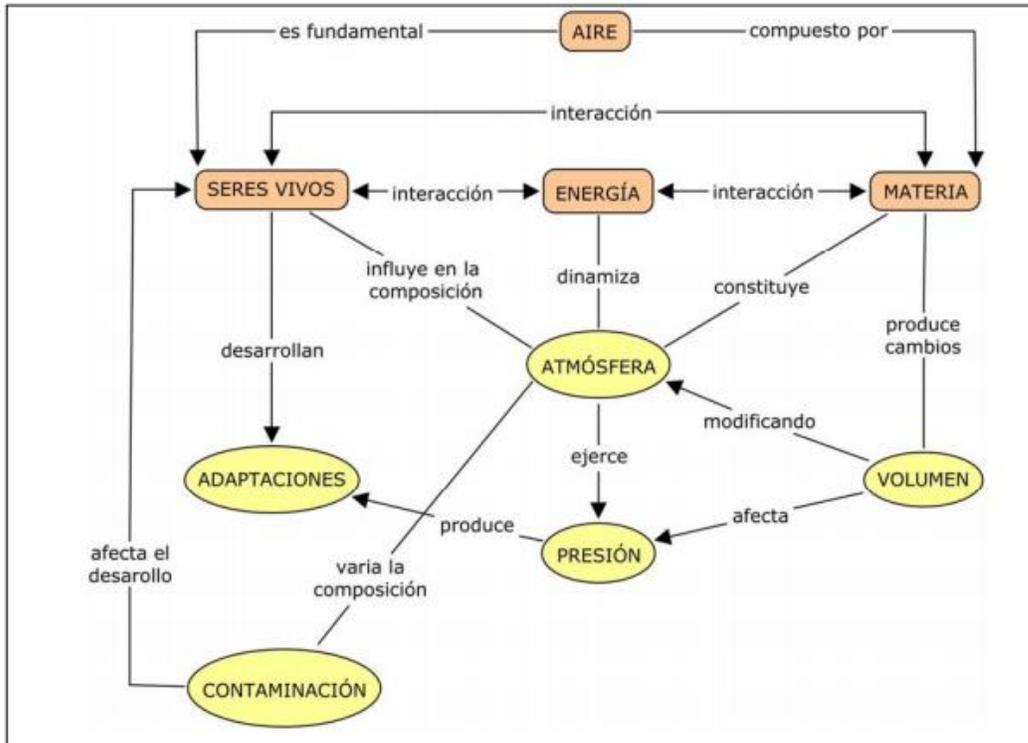
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



PLANTEL ORIENTE

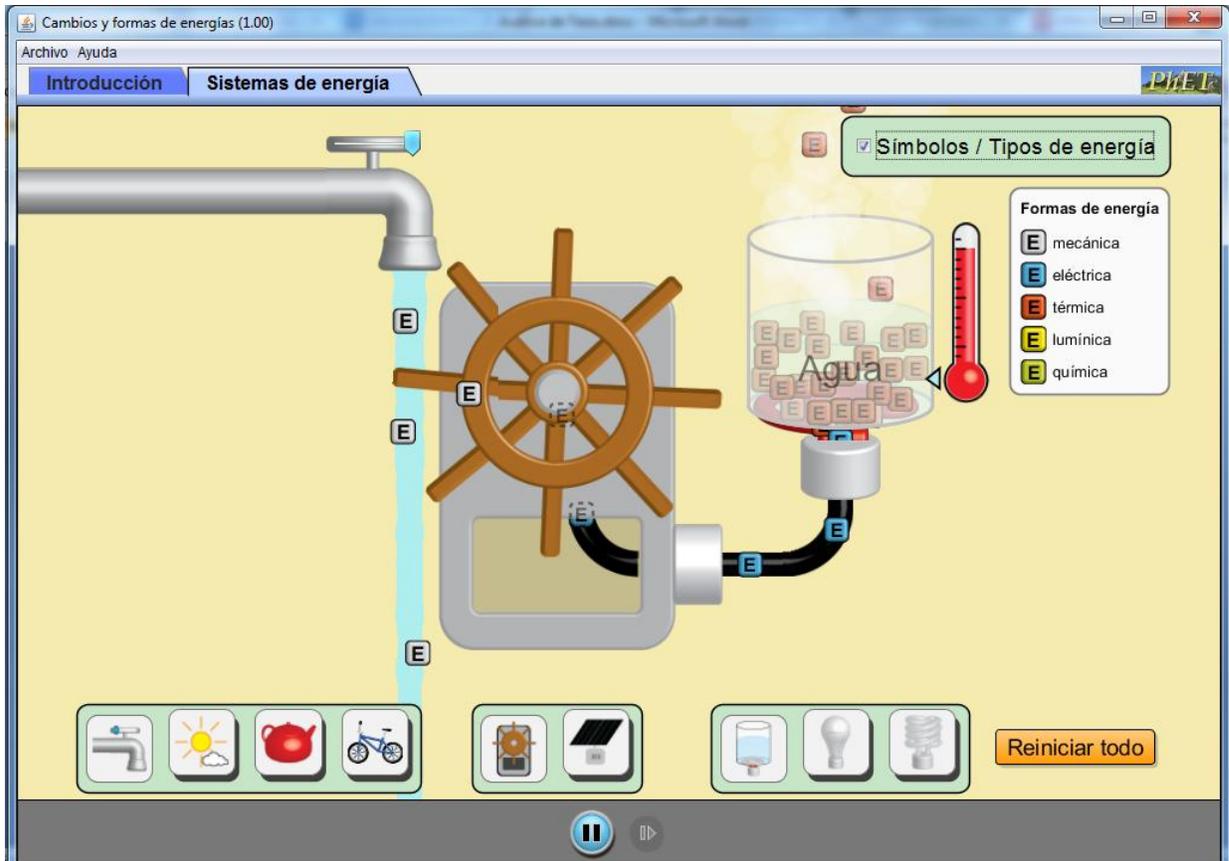
Rúbrica para la elaboración de un mapa conceptual

CRITERIOS	EXCELENTE (10)	BIEN (8)	MEJORABLE (7)	COMENTARIOS DEL PROFESOR
ESQUEMA	Cumple con las siguientes 3 características: *Formato formal, se percata de no cometer errores ortográficos. *Contiene los datos de identificación del alumno. *Es entregado en tiempo y forma establecidos.	Cumple con al menos 2 características: *Formato formal, se percata de no cometer errores ortográficos. *Contiene los datos de identificación del alumno. *Es entregado en tiempo y forma establecidos.	Cumple con al menos alguna característica: *Formato formal, se percata de no cometer errores ortográficos. *Contiene los datos de identificación del alumno. *Es entregado en tiempo y forma establecidos.	
USO DE CONCEPTOS	Los conceptos son utilizados adecuadamente.	Existen pocos errores en los conceptos utilizados.	Existen múltiples errores en los conceptos utilizados.	
CONEXIÓN DE CONCEPTOS	Las conexiones son claras, precisas y breves.	Las conexiones son poco claras.	No existe conexiones con el tema	



Ejemplo de mapa conceptual. Tomado de Moreira (S/A). <http://moreira.if.ufrgs.br>

Anexo 12: Simulador tipos de energía (prueba piloto y aplicación formal)



<https://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-forms-and-changes>

Anexo 13: Simulador alimentación y ejercicio (prueba piloto)

Comida y Ejercicio (1.06)

Archivo Ayuda

Increased risk of heart attack.

187 libras, $1\text{Bm}t. 31.2 \text{ kg/m}^2$

♀ Inglés
♂ Métrico

Mujer Hombre

Sedentario ?

Edad: 23 año 2 m

Altura: 5' 5" pies/pulg

Peso: 187 libras

Grasa Corporal: 55.4 %

Calorías/día

4000
3000
2000
1000
0

2572 Cal/día

Proteínas 664

Carbs 1182

Grasas 726

1474 Cal/día

Estilo de vida

Residual (BMR) 1219

Exercise Log

Peso (libras)

250
200
150
100
50
0

Peso=187 libras

Edad →

22 año 22 año 4 m 22 año 8 m 23 año 23 año 4 m 23 año 8 m 24 ai

Reiniciar

Calorías por día

5,000
2,500
0

Tomado=2572 Cal/Quemado=1474 Cal/día

Edad →

22 año 22 año 4 m 22 año 8 m 23 año 23 año 4 m 23 año 8 m 24 ai

Reiniciar

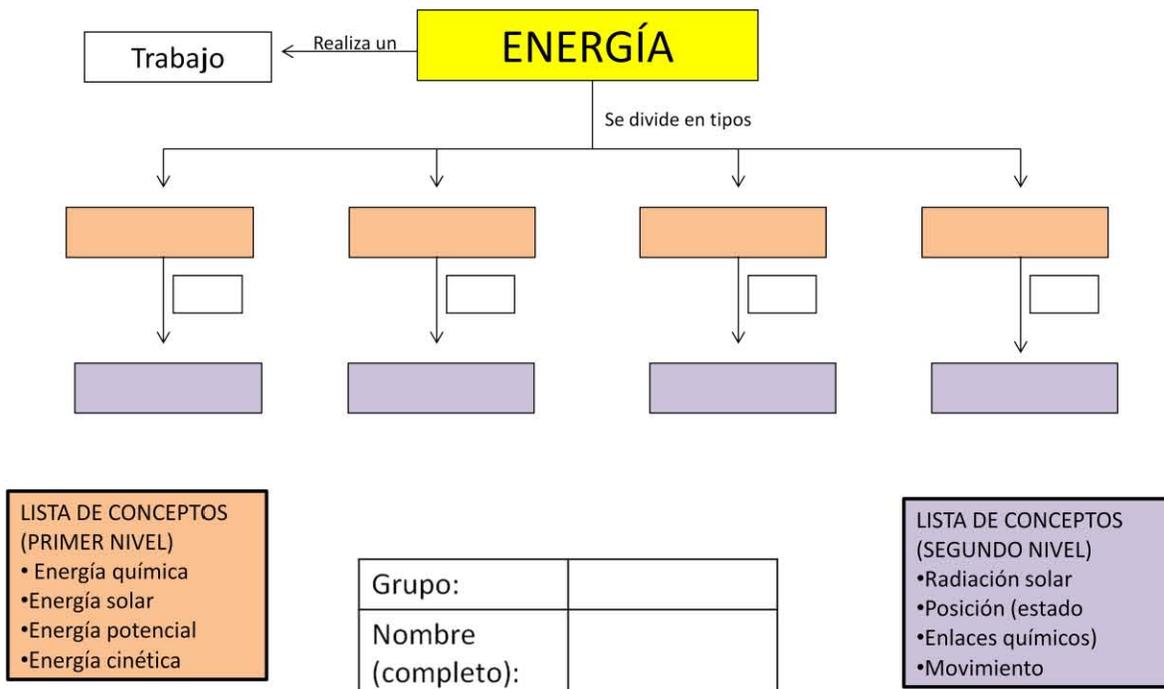
Ayuda Reclamaciones Reiniciar todo 1.1 años

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/eating-and-exercis>

Anexo 14: Mapa conceptual (aplicación formal)

Instrucciones: completa los cuadros vacíos con los conceptos de cada lista de acuerdo con su nivel (color). Los cuadros blancos son conectores, encuentra una palabra que ayude a conectar a ambos conceptos.

Cuando termines pasa a la diapositiva número 2.



Anexo 15: Rúbrica para la entrega de informe (aplicación formal)

Actividad: Generación de un modelo de glucólisis

Grupo: _____

Nombre del equipo: _____

Integrantes del equipo: _____

Parte del modelo	Explicación	Fotografías
Parte 1: Forma una molécula de glucosa cíclica	En éste cuadro van a explicar los miembros del equipo lo que se puede ver en las fotografías que ilustran la parte 1 del modelo que realizaron en el aula	
Parte 2: Forma una molécula de fructosa-1,6-bisfosfato	En éste cuadro van a explicar los miembros del equipo lo que se puede ver en las fotografías que ilustran la parte 2 del modelo que realizaron en el aula	
Parte 3: Forma dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato	Las mismas instrucciones que la parte anterior	
Parte 4: Adición de un grupo fosfato y Reducción de NAD a NADH	Las mismas instrucciones que la parte anterior	
Parte 5: Síntesis de ATP	Las mismas instrucciones que la parte anterior	

Este reporte deberá ser entregado en formato electrónico o físico en la fecha acordada.

No deberá contener faltas de ortografía y su redacción deberá ser clara.

Este formato es una propuesta para la realización del reporte; ustedes tienen la libertad de hacerlo como quieran, siempre y cuando tenga el contenido que se indica (fotografías y explicación de las fotografías).

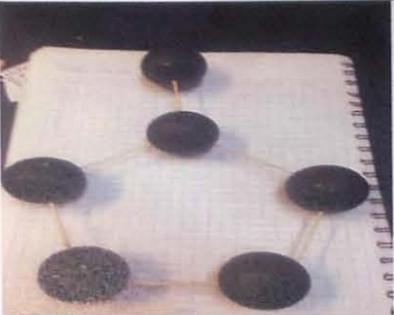
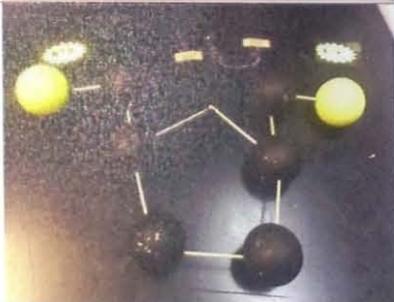
Anexo 16: Ejemplo de reporte de "modelo de glucólisis" (aplicación formal)

Actividad: Generación de un modelo de glicólisis

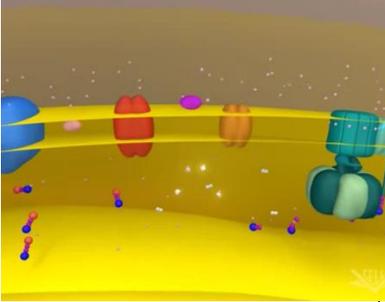
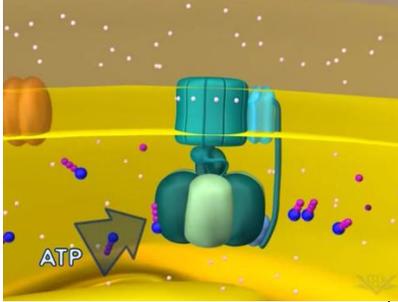
Grupo: 358-A

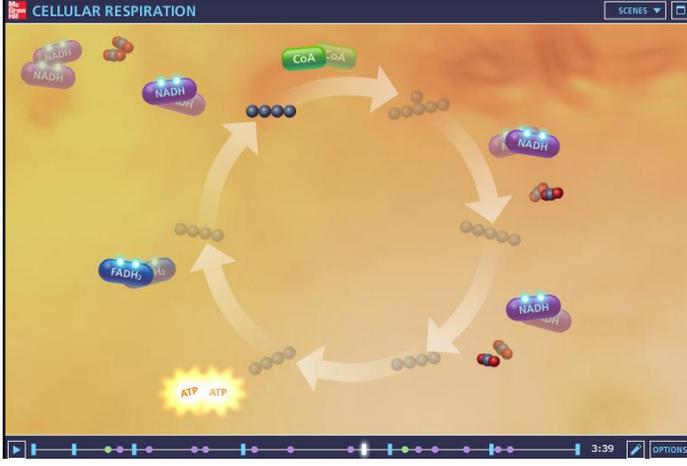
Nombre del equipo: "CG160"

Integrantes del equipo: Romero Hernández Claudia Tamara, Rangel Ricardo Samuel y Benjamin Ayala.

PARTE DEL MODELO	EXPLICACIÓN	FOTOGRAFÍAS
Parte 1: Forma una molécula de glucosa cíclica.	La molécula de glucosa obtenida por la digestión se introduce en el torrente sanguíneo, de ahí "entra" al citoplasma de la célula que es donde ocurre la glucólisis.	
Parte 2: Forma una molécula de fructosa-1,6-bifosfato	La célula invierte 2 moléculas de ATP para empezar el proceso, la glucosa se transforma en fructosa con 2 fosfatos que fueron "donados" por los ATP iniciales y estos, a su vez, se transforman en ADP.	

Anexo 17: Videos respiración celular (aplicación formal)

1 Cellular Respiration (Electron Transport Chain)	2 ATP Synthase New Video	3 Gradients (ATP Synthases)
		
https://www.youtube.com/watch?v=xBJ0nbzt5Kw	https://www.youtube.com/watch?v=XI8m6o0gXDY	https://www.youtube.com/watch?v=3y1d04nNaKY

4 Cellular Respiration	
	
http://www.mhhe.com/biosci/bio_animations/MH01_CellularRespiration_Web/index.html	

Anexo 18. Rúbricas (aplicación formal)

A: RÚBRICA DE EVALUACIÓN: PRIMERA SESIÓN			
Criterios a evaluar	Indicadores		
	Muy adecuado	Adecuado	Mejorable
Simulador	Utiliza el equipo de cómputo para usar sólo el simulador, es participativo y se dirige con respeto a sus compañeros y al profesor	Utiliza el equipo de cómputo correctamente, es parcialmente participativo y presenta comportamiento mejorable	Usa el equipo de cómputo para otras actividades diferentes al uso del simulador, es poco participativo y presenta comportamiento mejorable
Mapa conceptual	Utiliza diferentes conectores que relacionan los conceptos de forma precisa. La jerarquía es adecuada	Repite frecuentemente conectores; no relaciona los conceptos adecuadamente. La jerarquía es adecuada en la mayoría de los conceptos	Utiliza el mismo conector en todas las ocasiones; los conceptos no se relacionan. La jerarquía no es adecuada en la mayoría de los conceptos
Organización de imágenes	Ordena satisfactoriamente las imágenes en todas las ocasiones	Ordena satisfactoriamente las imágenes en la mitad de las ocasiones	No ordena las imágenes de forma adecuada
Descripción de fenómenos observados	Realiza observaciones precisas de varios eventos observados. Se comprende claramente la descripción. El lenguaje se utiliza de forma correcta	Realiza observaciones precisas de un evento observado. Se comprende la descripción. El lenguaje se utiliza adecuadamente	Realiza observaciones poco precisas de uno o varios eventos observados. Se comprende parcialmente la descripción. El lenguaje se utiliza de forma inadecuada (muchas faltas de ortografía)

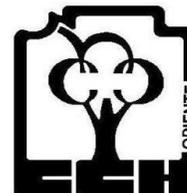
B: RÚBRICA DE EVALUACIÓN: SEGUNDA SESIÓN

Criterios a evaluar	Indicadores		
	Muy adecuado	Adecuado	Mejorable
Trabajo colaborativo	Los alumnos siempre participaron activamente al interior del equipo, aportando ideas y haciendo observaciones	Los alumnos casi siempre participaron activamente al interior del equipo, aportando ideas y haciendo observaciones	Los alumnos pocas veces participaron activamente al interior del equipo, la mayoría del trabajo se realizó por algunos integrantes del equipo
Organización de los integrantes del equipo	Los alumnos siempre respetaron y realizaron su parte del trabajo individual de forma organizada en beneficio del equipo	Los alumnos casi siempre respetaron y realizaron su parte del trabajo individual de forma organizada en beneficio del equipo	Los alumnos pocas veces respetaron y realizaron su parte del trabajo individual de forma organizada en beneficio del equipo
Recolección de datos	Todos los alumnos del equipo reunieron información de los apuntes tomados de la clase expositiva	La mitad de los alumnos del equipo reunieron información de los apuntes tomados de la clase expositiva	La recolección de información la realizaron muy pocos miembros del equipo (menos de la mitad)
Construcción	Los alumnos del equipo seleccionaron y utilizaron los materiales de forma creativa y funcional. El modelo es muy claro	Los alumnos seleccionaron y utilizaron los materiales de forma funcional. El modelo es apropiado	Los alumnos seleccionaron y utilizaron los materiales al azar. El modelo es poco claro
Explicación oral	Todos los alumnos de cada equipo explicaron de forma clara y precisa al profesor su modelo, evidenciando su aprendizaje	Algunos alumnos de cada equipo explicaron de forma clara y precisa al profesor su modelo, evidenciando su aprendizaje	Un alumno explicó de forma clara y precisa al profesor su modelo, evidenciando su aprendizaje

C: RÚBRICA DE EVALUACIÓN: TERCERA SESIÓN

Criterios a evaluar	Indicadores		
	Muy adecuado	Adecuado	Mejorable
Participación	Realiza constantemente aportaciones en forma de pregunta o comentario expresándose de forma clara y precisa	Realiza algunas aportaciones en forma de pregunta o comentario; la expresión oral es adecuada pero mejorable	Casi no realiza aportaciones de ningún tipo
Respeto	Muestra una actitud respetuosa hacia los compañeros y el profesor durante toda la sesión	Muestra una actitud respetuosa hacia los compañeros y el profesor durante toda la sesión con algunas excepciones	Muestra una actitud parcialmente respetuosa hacia los compañeros y el profesor
Atención	Atiende a las contribuciones de sus compañeros y el profesor en todo momento	Atiende a las contribuciones de sus compañeros en todo momento con algunas excepciones	Es necesario recordar al alumno constantemente que debe atender a sus compañeros y al profesor

Anexo 19: Estudio de caso (aplicación formal)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL ORIENTE

Autoría: Carlos Cortés Martínez

Actividad: método de caso

Objetivo de la actividad: El alumno aplica el conocimiento adquirido sobre respiración celular en una situación hipotética.

Instrucciones:

1. Forma un equipo no mayor de 5 integrantes y nómbralo como ustedes prefieran en el menor tiempo posible (no más de 5 minutos).
2. De manera individual, anota tus datos personales en el folder que se te entregó (nombre, nombre de equipo y grupo).
3. Lee de manera individual el texto por partes, es decir, lee el texto de acuerdo a las indicaciones del profesor.
4. Resuelve las actividades conforme al texto te lo pida y posteriormente discútelas con tu equipo.
5. Al finalizar toda la actividad, responde el cuestionario de autoevaluación.

Primera parte: La repentina enfermedad de Mauricio

Mauricio era un joven deportista, al que le gustaba jugar fútbol por las tardes después de trabajar. Un día de invierno practicando su deporte favorito cayó y se dio un fuerte golpe el cual lo dejó sin respiración por unos momentos; sin darle mucha importancia bebió un poco de agua de la botella que traía dentro de su mochila, se recuperó y siguió jugando un rato más hasta terminar el partido e irse a casa. Ese mismo día, cuando su esposa Ana llegó de trabajar, entró a su casa y vio a su



esposo Mauricio sentado al pie de la escalera desorientado, al preguntarle qué le ocurría, él sólo balbuceaba; en este momento Ana decidió llevarlo al hospital. En el trayecto Mauricio comenzó a empeorar, su respiración se volvía más profunda y rápida. Al llegar al hospital los doctores de urgencias atendieron al paciente con el protocolo convencional; le colocaron oxígeno y midieron sus signos vitales, sin embargo, Mauricio empeoraba.

Los doctores lograron estabilizar a Mauricio y comenzaron a indagar las causas del decaimiento en su salud. Con el fin de obtener más información sobre el paciente, le hicieron las siguientes preguntas a Ana, pues Mauricio se encontraba sedado:

Preguntas	Respuestas
- ¿Su esposo ha sufrido algún traumatismo (golpe) recientemente?	No (Recordemos que Ana no sabe del golpe que sufrió en el fútbol)
- ¿Su esposo fuma?	No, pero fumó un periodo de un año aproximadamente
-¿Su esposo padece de alguna enfermedad respiratoria crónica?	No
¿Es alérgico a algo?	Sí, pequeña alergia al polen
¿Algún familiar de su esposo ha padecido alguna enfermedad respiratoria?	No
¿Su esposo padece diabetes?	No, pero su tío de 54 años sí.

Si tú fueras el Doctor ¿Qué otras preguntas harías? Explica el por qué.

Con base a las preguntas y las posibles respuestas que obtendrías, genera una hipótesis que expliquen la causa de la enfermedad del paciente.

¿Cómo las comprobarías?

Segunda parte: Análisis clínicos

A las 6 horas del ingreso de Mauricio a la unidad de urgencias comenzó a empeorar y los doctores no estaban seguros de la causa de su enfermedad, por lo que se le practicaron los siguientes análisis clínicos.

Resonancia magnética pulmonar (RM): Es un examen que genera imágenes utilizando imanes y ondas de radio potentes para obtener información de órganos y tejidos (en este caso los pulmones) para verificar si existen anomalías.

Para más información sobre RM visita <http://goo.gl/Kxl9TR> ó escanea el siguiente código QR.



Al comprobar que los pulmones del paciente no presentaban ninguna anomalía, procedieron a realizar otro análisis clínico para descartar las posibles causas de la enfermedad.

Los doctores procedieron a realizar una tomografía por emisión de positrones (TEP) del pulmón, para descartar completamente anomalías en los pulmones como cáncer.

Tomografía por emisión de positrones (TEP) del pulmón: Al igual que la RM, se genera una imagen de los pulmones, sin embargo en la TEP se utiliza una sustancia radioactiva (marcador), que generalmente se emplea para diagnosticar cáncer pulmonar. La TEP muestra la estructura de los pulmones y que tan bien están funcionando.

En la TEP tampoco se presentaron anomalías en el funcionamiento de los pulmones del paciente.

Para más información sobre TEP visita <http://goo.gl/xKnrFd> ó escanea el siguiente código QR.

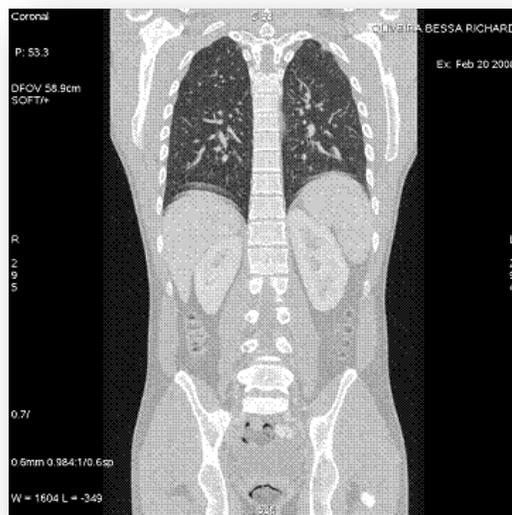


Imagen de resonancia magnética; muestra diferentes órganos, entre ellos los pulmones. No existe alguna anomalía en los pulmones.

Tomado de <http://www.sc.ehu.es/scrwwsr/kirurgia/28003/Bochdaleck.htm>

Ya que en todos los análisis que se realizaron a los pulmones del paciente no se encontraron anomalías; si tú fueras el doctor ¿qué sería lo siguiente que harías?

Tercera parte: Una breve parte de la vida de Mauricio

Mientras se practicaban análisis al paciente, Ana reveló a los médicos algunos detalles de la vida del paciente que podrían ayudar a encontrar la causa de la enfermedad.

Mauricio era una persona físicamente saludable que se hacía estudios de rutina periódicamente, por lo menos una vez al año. Toda su niñez básicamente fue normal, sin embargo, desde los 5 años le detectaron un tipo de asma leve llamado asma estacional (relacionado con el polen de las plantas especialmente en toda la primavera y hasta mediados de verano); fuera de eso, gozaba de una buena salud hasta los 28 años, que es la edad actual de Mauricio.

Él trabaja como promotor de productos agroindustriales, específicamente de pesticidas para el control de plagas en cultivos. Últimamente la empresa para la que él trabaja está experimentando una expansión internacional, ya que dos de los productos que comercializan tienen mucho éxito en el control de plagas de insectos; cuyos ingredientes activos son Chlorfenapyr; novedoso insecticida de la familia de los pirroles y Rotinem (Rotenona), un químico natural producido por las raíces de algunas plantas leguminosas (Actualmente considerado como un insecticida amigable con el ambiente).



La información obtenida por los doctores, apuntaba que posiblemente el paciente se había intoxicado con alguno de estos químicos; por lo cual era necesario realizar exámenes de sangre para descubrir cuál era la causa de la enfermedad y poder dar un tratamiento adecuado. Mientras tanto, los médicos mantenían a Mauricio estable pero inconsciente, por lo que él no podía brindar información. Los médicos investigaron los síntomas más comunes por ingestión de estos dos insecticidas y los compararon con los síntomas del paciente.

Síntomas del paciente a su ingreso a urgencias	Síntomas comunes por intoxicación de Chlorfenapyr	Síntomas comunes por intoxicación de Rotenona
Convulsiones	Diaforesis (excesiva sudoración)	Insuficiencia respiratoria
Debilidad	Cefalea (Dolor de cabeza)	Irritación en nariz, garganta y pulmones
Pérdida de conciencia	Tos seca	Desorientación
Insuficiencia respiratoria	Irritación en nariz, garganta y pulmones	Acidosis metabólica
Color rojo cereza en piel	Desorientación	Vómito

Con base en los síntomas mostrados en la tabla ¿consideras que se intoxicó con alguno de estos agentes? Sí, no, ¿Por qué?

Tras realizar los exámenes de sangre, se encontró con mucha seguridad que el paciente no presentaba intoxicación por Chlorfenapyr ni por Rotenona; sin embargo, sí se encontraron anomalías en los exámenes bioquímicos en sangre y era muy seguro que el paciente estuviera intoxicado por algún otro agente. Las anomalías fueron las siguientes:

Acidosis láctica: Es la acumulación excesiva de ácido láctico que se genera durante el metabolismo anaeróbico de la glucosa. El aumento en la concentración de ácido láctico es indicador de metabolismo anaerobio.

Niveles de oxígeno altos en sangre: Estos niveles se pueden manifestar con un color rojo intenso en sangre venosa (que en condiciones normales es más oscura). La concentración de Hemoglobina con alta concentración de Oxígeno, se puede deber a la disminución en la utilización de O₂ (Oxígeno) por los tejidos.

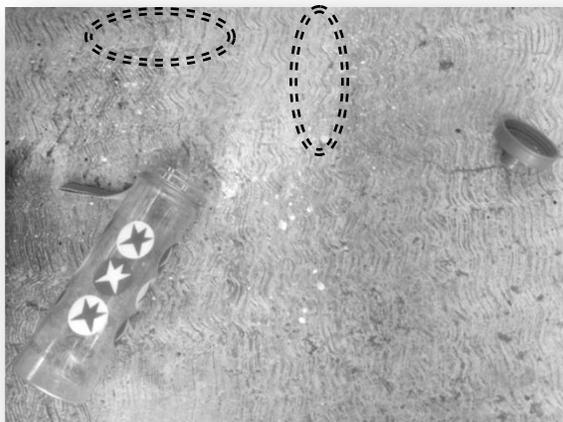
¿A qué crees que se debe esta acidosis láctica y los niveles de oxígeno altos en sangre?

Cuarta parte: Desentrañando el misterio del veneno

Ante la nueva evidencia clínica, la verdad comenzaba a salir a flote, sin embargo este caso parecía tornarse cada vez más complicado y la salud de Mauricio recaía; por lo que era necesario saber cuál era el tóxico que lo enfermaba.

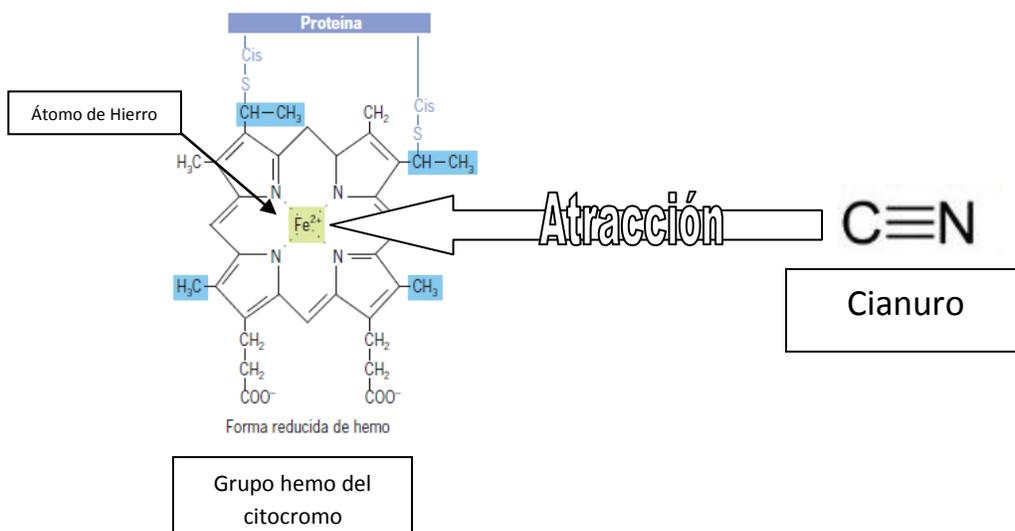
Los médicos al no tener la certeza de la causa del padecimiento de Mauricio, ordenaron registrar la casa del paciente para verificar si existía algún agente tóxico.

Los agentes especiales que registraron la casa no encontraron algún medicamento o droga sospechosa; sólo encontraron la mochila que llevaba el paciente el día que enfermó. Justo a un lado de las escaleras se encontró también una botella de agua derramada en el piso y unas pastillas de un complejo multivitamínico. Adicionalmente, los agentes especiales mencionaron haber encontrado muchas hormigas muertas alrededor del agua derramada (que para entonces ya estaba seca).



Al agua que quedó en el interior de la botella, se le realizaron diferentes pruebas, en las cuales se encontró una alta concentración de cianuro; por lo que los médicos al conocer esta información, medicaron al paciente con los tratamientos pertinentes contra dicho veneno. Después de algunas horas el paciente mostraba signos de mejoría y posteriormente los médicos lograron salvarle la vida sin consecuencias graves.

El transporte de electrones es posible porque cada complejo de la cadena tiene proteínas llamadas citocromos. Se sabe que el cianuro se une con gran afinidad al hierro del último citocromo de la cadena transportadora, lo que imposibilita que el proceso de síntesis de ATP se realice correctamente.



Quinta parte: Epílogo

Pudiendo salvar la vida del paciente, aun quedaba la interrogante ¿Quién suministró el cianuro al agua? Los médicos junto con agentes policiales mediante la información que se obtuvo del paciente generaron la siguiente hipótesis:

“El paciente sufrió un fuerte impacto en un partido de futbol a causa de un mareo, por lo que decidió salir del juego y bebió aproximadamente medio litro de agua que le había dado su esposa. Además del agua, decidió tomar dos pastillas de un complejo multivitamínico que le había recomendado un amigo; al regresar a casa el paciente se debilitó y desvaneció al pie de la escalera. La dosis de cianuro que ingirió en la bebida era suficiente como para matar a Mauricio en un periodo de 12 horas; sin embargo, ¡él permaneció con vida! Esto puede deberse a que ingirió una dosis de complejo multivitamínico que incluye a la vitamina B2. La vitamina B2 (Rivoflavina), es el componente principal de (flavín adenín dinucleótido) FAD que juega un papel fundamental en el metabolismo energético, por lo que es muy recomendada como complemento dietético; Adicionalmente, se ha demostrado en algunos modelos experimentales (peces cebras) que la rivoflavina revierte eficazmente los efectos del cianuro* ¡ESE GOLPE DE SUERTE LE SALVO LA VIDA!

Ya que el paciente presentaba insuficiencia respiratoria severa, se analizaron a detalle los pulmones sin ningún signo de lesión; esto se debió a que el veneno fue ingerido y no inhalado, sin embargo el paciente presentaba insuficiencia respiratoria por que los tejidos no podían absorber el oxígeno en la sangre y el poco que era absorbido no podría utilizarse correctamente.

Posteriormente se sospechó una intoxicación por Chlorfenapir y Rotenona, debido a que el paciente trabaja con ambos insecticidas; sin embargo, aunque coinciden muchos de los síntomas, se realizaron pruebas que desmintieron éstas posibles causas. Se sabe que el Chlorfenapir y la Rotenona, son insecticidas muy letales que causan una sintomatología muy similar a la del cianuro, sin embargo los casos de envenenamiento accidental son muy pocos y la dosis letal es muy alta; adicionalmente, una intoxicación por rotenona ó chlorfenapir habría manifestado una fuerte irritación en boca, nariz o garganta, posterior a su ingestión o inhalación.

Finalmente, ya que el Chlorfenapir y la Rotenona por análisis de sangre y tejidos se descartó, se comenzó a sospechar de un envenenamiento, que finalmente resultó ser intoxicación por cianuro”.

*A pesar de que existen indicios de que la rivoflavina puede ser un posible antídoto para la intoxicación por cianuro, todavía no está demostrado y probado en personas; bajo ninguna circunstancia dejes de acudir al médico

Sexta parte: Interpretando la situación

Observa el esquema e identifica la etapa nombrándola. Posteriormente, indica (encerrando en un círculo) en cuál de los complejos interfiere el cianuro y explica por qué la interacción del cianuro puede causar la muerte de un organismo.

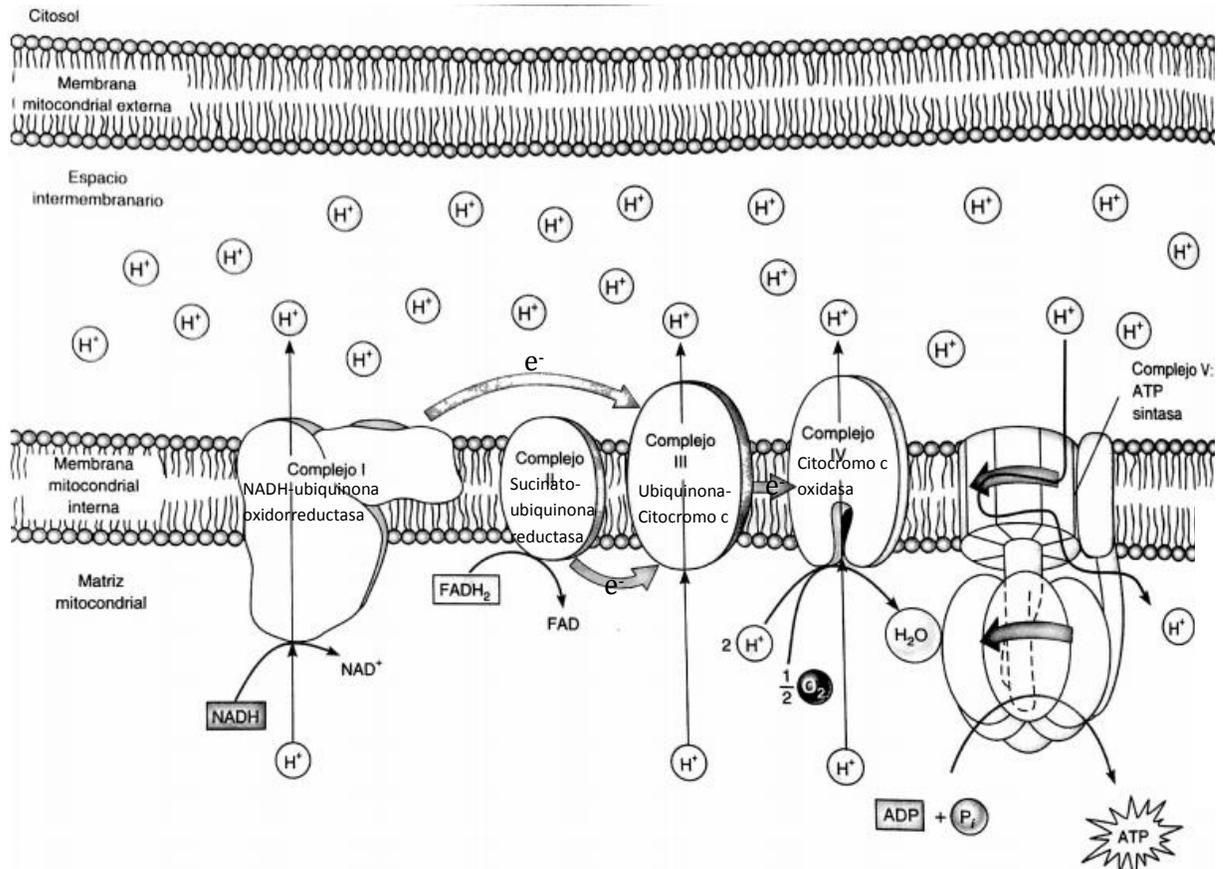


Imagen tomada y modificada de Solomon *et al.* (2008).

Genera una hipótesis del porqué encontraron hormigas muertas alrededor del charco seco del agua derramada (explica tu hipótesis).

Imagina que Mauricio no se envenenó con cianuro, y que comiendo se le obstruyera la garganta, impidiendo el paso del aire a sus pulmones ¿Qué consecuencias se desencadenarían con esta situación? Explica tu respuesta relacionándola con el proceso de respiración celular (utiliza el esquema).

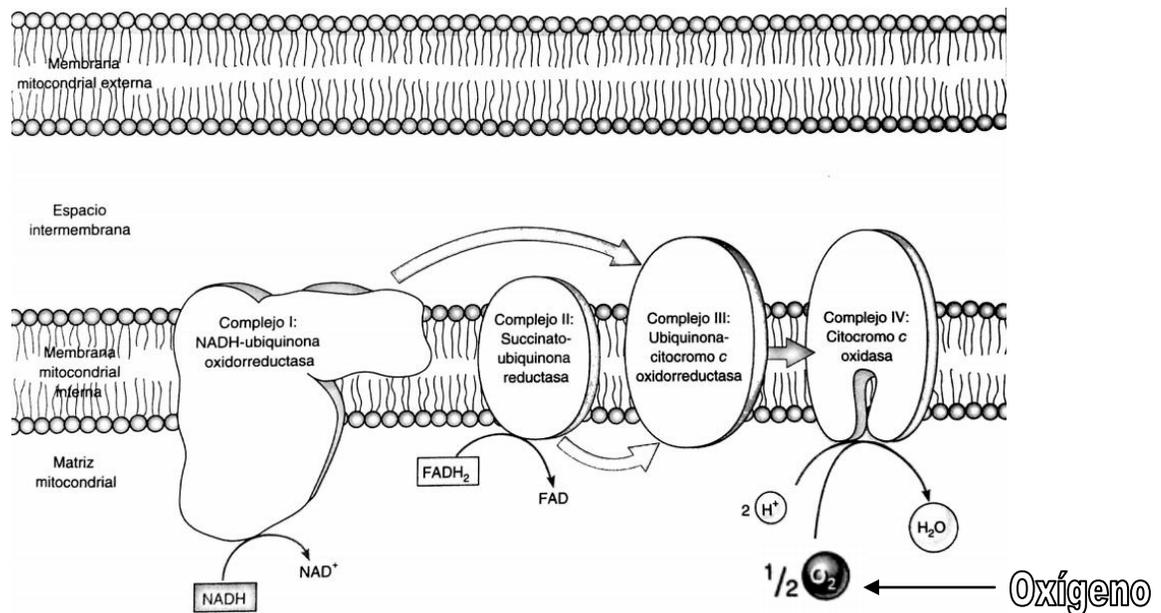


Imagen tomada y modificada de Solomon *et al.* (2008).

Cuestionario de autoevaluación individual

Instrucciones: Lee cada pregunta y contesta de acuerdo a tu desempeño individual en tu equipo de trabajo.

Los integrantes del equipo...	Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
¿Entendiste el propósito de la actividad?	4	3	2	1
¿Identificaste los objetivos de la actividad?	4	3	2	1
¿Trabajaste de forma cooperativa?	4	3	2	1
¿Trabajaste de manera ordenada?	4	3	2	1
¿Expresaste tus ideas al resto del equipo?	4	3	2	1
¿Escuchaste respetuosamente al resto del equipo?	4	3	2	1
¿Participaste activamente en el desarrollo de la actividad?	4	3	2	1

¿Qué sugieres para mejorar esta actividad?

¿Crees que te sirvió esta actividad para mejorar tu aprendizaje? Si, no, por qué

Anexo 20: Cuestionario de opinión (aplicación formal)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



PLANTEL ORIENTE

Alumno: _____

Instrucciones: Contesta honestamente lo que piensas y sentiste durante las sesiones impartidas por el Profesor.

1.- La estrategia que aplicó el profesor para la enseñanza de los temas, facilitaron tu aprendizaje.

a) Si b) No

¿Por qué? _____

2.- Las estrategias de enseñanza que empleó el profesor despertaron tu interés.

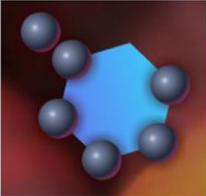
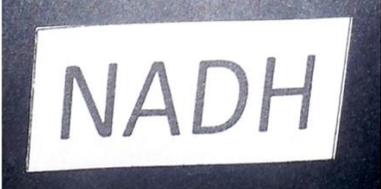
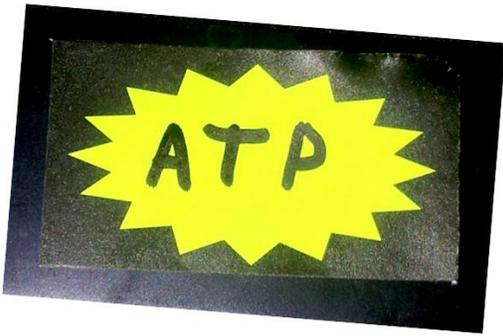
a) Mucho b) Regular c) Poco d) Nada

3.- A partir de ahora, ¿Investigarías el tema por tu cuenta?

a) Si b) No

¿Por qué? _____

Anexo 21: Instructivo electrónico para el modelo (aplicación formal)

<p style="text-align: center;">Modelos de la glicólisis</p> <p>Objetivo:</p> <p>Que el alumno pueda visualizar el proceso de glicólisis</p> <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none">ATPADPNADHNAD⁺Fosfato (inorgánico)CarbonoEnlacesCámara (teléfono celular) 	<p style="text-align: center;">Modelos de la glicólisis</p> <p>Instrucciones Generales:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Forma equipos o trabaja en la mesa que te encuentres2. Nombra a tu equipo de trabajo3. Seleccionen a un fotógrafo y a un representante de equipo4. Sigán las instrucciones del profesor
<p style="text-align: center;">Materiales</p> 	<p style="text-align: center;">Materiales</p> 
<p style="text-align: center;">Materiales</p> 	<p style="text-align: center;">Materiales</p> 

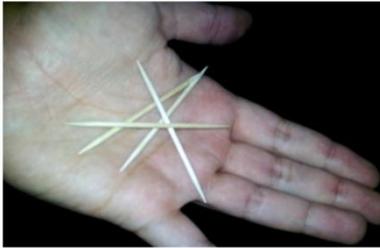
Materiales



Materiales



Materiales

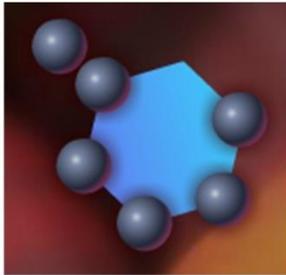


Parte I Forma una molécula de glucosa cíclica

Instrucciones:

1. Discute con tu equipo en menos de 5 minutos qué materiales necesitan para formar una glucosa cíclica (si no recuerdas como es, puedes buscar en tus notas).
2. El representante de equipo deberá pasar por los materiales que necesite su equipo.
3. Realicen el modelo de la glucosa y tómenle una foto con su celular.

Parte I Forma una molécula de glucosa cíclica



Parte 2 Forma una molécula de fructosa-1,6-bifosfato

Instrucciones:

1. Discute con tu equipo en menos de 5 minutos qué materiales necesitan para desestabilizar la glucosa cíclica y que se transforme a Fructosa-1,6-bifosfato.
2. El representante de equipo deberá pasar por los materiales que necesite su equipo.
3. Realicen el modelo y tómenle una serie de fotos con su celular.



Parte 2 Forma una molécula de fructosa-1,6-bifosfato



Parte 3 Forma dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato

Instrucciones:

1. Partiendo de la molécula que generaron (Fructosa-1,6-bifosfato), generen dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato



Parte 4 Adición de un grupo fosfato y Reducción de NAD de

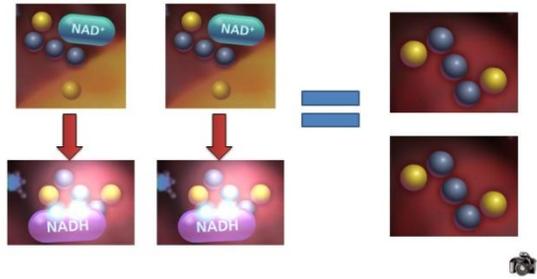
Instrucciones:

En este momento, ustedes tienen dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato

1. Discute con tu equipo en menos de 5 minutos qué materiales necesitan para que se le añada otro grupo fosfato a tus moléculas de gliceraldehído-3-fosfato



Parte 4 Adición de un grupo fosfato y Reducción de NAD de



Parte 5 Síntesis de ATP

Instrucciones:

En este momento, ustedes tienen dos moléculas de 1,3-bifosfoglicerato, de las cuales se obtendrá ATP (4 moléculas)

1. Discute con tu equipo qué materiales necesitan para que se pueda sintetizar ATP. Recuerda que el ATP se sintetiza a partir de: $ADP + P_i$

Parte 5 Síntesis de ATP

