



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Maestría en Docencia para la Educación Media Superior

Facultad de Ciencias

Biología

La actividad experimental como estrategia didáctica para el aprendizaje del tema Metabolismo Celular, en el programa de Biología del Nivel Medio Superior

Tesis

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

Maestro en Docencia para la Educación Media Superior (Biología)

PRESENTA:

Biólogo, Juan de Dios Ayala González

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Dra. María Genoveva González Morán, Facultad de Ciencias

Dra. Martha Diana Bosco Hernández, Facultad de Filosofía y Letras

Dra. Hermelinda Margarita Villegas Ríos, Facultad de Ciencias

SINODALES

M. en C. Guadalupe Vidal Gaona, Facultad de Ciencias

M. en D. Hilda Claudia Morales Cortés, Escuela Nacional Preparatoria

Ciudad Universitaria, Ciudad de México octubre de 2020



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.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me ha dado tanto desde 2007, año en que me acogió como estudiante de la Escuela Nacional Preparatoria.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo a esta investigación.

A la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior que me permitió formarme como docente y enseñarme que en la ciencia hay muchos caminos, más allá de la visión positivista de ésta.

Al plantel 7 de la Escuela Nacional Preparatoria por su apertura, confianza y apoyo para realizar mis prácticas docentes.

A los grupos 607 y 608, turno matutino del ciclo escolar 2017-2018 por su tiempo extra-clase, su entusiasmo, participación e incondicional colaboración. Los resultados de este documento son gracias a ustedes. Tengo la certeza que están trabajando en convertir sus sueños y aspiraciones profesionales en realidad.

A la Dra. María Genoveva González Morán, por su apoyo y cariño; a la Dra. Martha Diana Bosco Hernández, Dra. Hermelinda Margarita Villegas Ríos, M. en C. Guadalupe Vidal Gaona y M. en D. Hilda Claudia Morales Cortés por su paciencia, las revisiones, correcciones y propuestas que permitieron la materialización de este documento.

Al M. en C. Víctor Manuel Coffe Ramírez y al Biól. Darío Ibarra Reynoso por guiarme y retroalimentarme durante las intervenciones docentes que realicé bajo su tutoría. A Sergio, Paquito y Lupita por su disposición.

A mis docentes y compañeros de MADEMS por los comentarios que compartimos y que enriquecieron nuestros proyectos de tesis.

A mi papá por la libertad que me dio desde muy chico y a mi mamá por ser mi primera maestra, quien me enseñó a andar en bicicleta sin que ella supiera hacerlo. A mis hermanos por ser mis compañeros de vida y mis primeros alumnos. Familia: ¡los amo!

A Ale por tantos años de amistad, confianzas, complicidades y viajes improvisados. A Lau por ser mi socia favorita del Club de la Caracola Mágica y con quien, con una simple mirada, nos decimos todo. A Pau, Juan Daniel, Gibrann, Katia, Monse, Axell y Sara que ejemplifican a la amistad auténtica, la cual no teme al tiempo o a las distancias. Amigos: ¡los amo!

A Ro, quien me acompañó en mis años de maestrante y en muchísimas alegrías: ¡gracias por tanto!

A la vida, nuestro más bello, preciado y efímero regalo.

Índice

Resumen	1
Abstract.....	3
Introducción	5
Capítulo 1. Las dificultades de enseñar ciencias, biología y el metabolismo celular en la Escuela Nacional Preparatoria7	
Percepción de las ciencias entre los estudiantes del nivel medio superior	8
Dificultades en la enseñanza de la biología en el nivel medio superior	9
Problemas identificados en la enseñanza del metabolismo celular	10
El reto de enseñar el metabolismo celular en la ENP	11
Problemas que deben afrontar las estrategias didácticas para el aprendizaje del metabolismo celular	13
Contextualización del proyecto de tesis en el Plan de Estudios (PE) de la asignatura de Biología V de la ENP de la UNAM.....	14
La enseñanza de la biología en la ENP	15
La enseñanza del metabolismo celular en el sexto año del área II de la ENP	17
El metabolismo celular en la economía del conocimiento	18
Capítulo 2. El metabolismo celular: la glucogénesis y glucogenólisis como ejemplos de acoplamiento metabólico	21
¿Qué es el metabolismo celular?	21
Catabolismo y anabolismo	22
Glucogénesis y glucogenólisis	22
El hígado: órgano en el que ocurren estas reacciones	26
El hepatocito: unidad funcional del hígado.....	28
La glucemia.....	29
Perturbación de la glucemia por periodos prolongados de ayuno	31
Capítulo 3. La cognición situada y el aprendizaje auténtico	36
¿Qué son la cognición situada y el aprendizaje auténtico?	36
¿Qué es un contexto de aprendizaje auténtico?.....	37
La comunidad de práctica	38
Principales conceptos en la teoría sociocultural de Vygotsky.....	39
Diferencias entre el Aprendizaje Basado en Problemas y el Aprendizaje Basado en Proyectos	47
Modelos de trabajo por proyectos según Morgan (1983)	50
La actividad de los estudiantes como unidad de análisis.....	54
Estudios previos.....	55
Capítulo 4. Método.....	57
Muestreo.....	58
Pretest y postest	59
Contabilización de las interacciones por participante por minuto durante los grupos de discusión.....	60

Elementos clave de trabajo colaborativo.....	62
Elaboración de infografías por los alumnos que participaron en los grupos de discusión	62
Sesión de laboratorio presencial	62
Desarrollo de la estrategia didáctica	63
Sesiones teóricas	64
Sesión de laboratorio presencial	65
Sesión de laboratorio no presencial	66
Feria de las Ciencias.....	66
Momentos de evaluación.....	66
Procesamiento de los datos	67
Objetivo general	69
Objetivos específicos	69
Hipótesis general	70
Sujetos de estudio	70
Capítulo 5. Resultados y discusión	71
Descripción de los grupos control y experimental	71
Valoración cuantitativa del desempeño de los estudiantes	71
Valoración cualitativa del desempeño de los estudiantes	76
Conclusiones	117
Reflexión docente.....	120
Referencias.....	122
Anexo 1	127
Anexo 2	131
Anexo 3	135
Anexo 4	140
Anexo 5	156
Anexo 6	161

Resumen



El presente documento es una contribución para valorar la importancia del trabajo experimental presencial para la enseñanza del metabolismo celular en la ENP de la UNAM. Se comparó el desempeño de dos grupos de estudiantes (el primero participó en sesiones teóricas acompañadas de una sesión de laboratorio presencial y el otro en las mismas sesiones teóricas más dos de laboratorio no presencial) con un grupo control en el cual se presentó el tema de manera exclusivamente teórica. A los tres se les enseñó la glucogénesis y la glucogenólisis como ejemplificadores del acoplamiento del metabolismo. La comparación permitió aceptar la hipótesis que, si las sesiones teóricas de clase se complementan con una de trabajo experimental, mejora el aprendizaje del tema de metabolismo celular. Lo anterior se realizó aplicando el modelo de ejercicio del método de Aprendizaje Basado en Proyectos. Para probar la hipótesis se obtuvieron datos del grupo control, del experimental con trabajo de laboratorio presencial y del experimental con trabajo de laboratorio no presencial. Este último observó un video generado en la actividad experimental presencial. Se hizo uso del método de pretest-postest como instrumento cuantitativo y del grupo de discusión, así como de los resultados de una rúbrica para evaluar infografías como instrumentos cualitativos; los cuales permitieron determinar que aunque el laboratorio no presencial permitió observar mejores resultados cuantitativos, en comparación con el grupo control y los alumnos que trabajaron la sesión de laboratorio presencial, dicha mejora no se vio reflejada en los instrumentos cualitativos. Lo anterior permitió concluir que existen diferencias en la zona de desarrollo próximo entre alumnos que participaron en la sesión de laboratorio no presencial con alto y con bajo desempeño en el pretest-postest, mientras que éstas no existen entre los alumnos con alto y bajo desempeño que participaron en la sesión

presencial de laboratorio. Sin embargo, se requiere de complementar la estrategia con otros recursos didácticos, así como de la implementación de proyectos transversales y de investigaciones en las que se analicen las interacciones *in vivo* de los estudiantes durante la ejecución de prácticas de laboratorio tanto presencial como no presencialmente con la finalidad de profundizar en los actos interpsicológicos de los estudiantes.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos, trabajo de laboratorio, zona de desarrollo próximo

Abstract

This document contributes to valorize how important are the presential laboratory practices for teaching cellular metabolism at ENP-UNAM. The performance of two students groups (one participated in theoretical sessions along one presential laboratory practice and the other in the same theoretical sessions with two non-presential laboratory practices) was compared with a control group in which the topic was taught in an exclusively theoretical way. The three groups learnt glycogenesis and glycogenolysis as an example of metabolic coupling but only in the exercise model of project-based learning was implemented. Data from control group and the ones with presential laboratory practice and non-presential laboratory practice enabled to accept the hypothesis: if theoretical class sessions are supplemented with a presential laboratory practice, the learning of cellular metabolism will be better. The non-presential laboratory practice group watched a video created during the presential laboratory practice. Pretest-posttest method was implemented as quantitative instrument and a group discussion with assessment rubrics for assessing infographics as qualitative ones. These instruments enabled to determine that, even though non-presential laboratory enabled to notice better quantitative results that in control group and presential laboratory sessions, this improvement is not noticed with qualitative instruments. It enabled to conclude differences in the proximal development zone between students with high and low performance in the pretest-posttest whom participated in non-presential laboratory sessions, while these differences were not noticed between students whom participated in presential laboratory sessions. However, it is needed to complement this didactical strategy with other resources, as well as transversal projects and in vivo interactional research with students performing laboratory practices in presential and not presential environments with the aim of deepen in students interpsychological acts.

Key words: project-based learning, laboratory work, proximal development zone

Actualmente México presenta altas cifras de ciudadanos con enfermedades metabólicas, entre las que destacan la obesidad, la diabetes y el síndrome metabólico, las cuales son un problema de salud pública y absorben (con una tendencia creciente) importantes sumas del presupuesto de salubridad. Para describir el problema, 37 de cada 100 personas padecen de síndrome metabólico, 71% obesidad o sobrepeso y 18 de cada 100 diabetes tipo 2.

En el pasado la diabetes tipo 2 era exclusiva de la población adulta, pero en años recientes esta enfermedad ha traspasado este segmento y ahora también existen datos de su presencia en adolescentes, lo cual reduce sus expectativas de calidad y esperanza de vida. Si bien, son enfermedades con un componente genético, también es cierto que los factores ambientales, entre los que destacan la calidad de la alimentación, son determinantes para la expresión de dichos padecimientos. En contraparte, los casos de adolescentes con anorexia y bulimia también van en aumento y uno de cada diez muere por dicha condición de salud.

Por ello, es importante que en las instituciones de educación media superior se planteen estrategias didácticas relacionadas con temas metabólicos que tengan un mayor impacto en los adolescentes, pues las cifras mostradas en los párrafos anteriores indican que no es suficiente con conocer el plato del buen comer, la estructura molecular de la glucosa o con saberse las diez reacciones de la glucólisis, entre otras aproximaciones.

También a considerar es el hecho de que los jóvenes, inmersos en el mundo digital, prefieren educarse haciendo uso de recursos audiovisuales y ello ha generado una explosión de plataformas con contenidos multimedia pero, ¿son estos recursos suficientes para generar un mayor impacto en la educación de los adolescentes?

Este trabajo (organizado en seis capítulos) es una aproximación a dicha pregunta, en el cual se compara el desempeño entre alumnos que realizaron una sesión de laboratorio presencial y los que lo realizaron no presencialmente, acompañados de explicaciones por parte del profesor.

En el primer capítulo: *las dificultades de enseñar ciencias, biología y el metabolismo celular en la Escuela Nacional Preparatoria*, se aborda la interrelación de las dificultades mencionadas pues, algunas dificultades de enseñar el metabolismo celular se comparten con la dificultad de enseñar otros temas biológicos que a su vez comparten desafíos con la enseñanza de las ciencias en general. Después se describe el desafío de enseñar en la Escuela Nacional Preparatoria, donde el ambiente áulico es de sobrecupo para posteriormente contextualizar el trabajo de tesis en plan de estudios de la ENP. Finalmente se aborda el papel del metabolismo celular en la economía del conocimiento.

En el capítulo, *El metabolismo celular: la glucogénesis y glucogenólisis como ejemplos de acoplamiento metabólico* se enuncian las bases biológicas y en el siguiente: *La cognición situada y el aprendizaje auténtico*, las bases didácticas que sustentan a la estrategia desarrollada.

El método se describe en el capítulo con el mismo nombre, donde se detallan los procedimientos cuantitativos y cualitativos, los objetivos y la hipótesis de trabajo, así como el plan de trabajo seguido para la obtención de resultados y su posterior discusión. El trabajo cierra con las conclusiones y una breve reflexión docente.

En los anexos se muestran el test utilizado para recabar datos cuantitativos, la rúbrica con la que se evaluaron las infografías realizadas por los estudiantes, el protocolo para la extracción de glucógeno de hígado y músculo en ratas macho jóvenes, el material didáctico utilizado en las sesiones teóricas y la planeación seguida en las cinco sesiones de trabajo.

Capítulo 1. Las dificultades de enseñar ciencias, biología y el metabolismo celular en la Escuela Nacional Preparatoria



“Y descubrí también, con la más inmensa desazón, que en cualquier momento y sin causa aparente, todo aquello que creemos estable puede desajustarse, desviarse, torcer su rumbo y empezar a cambiar”.

María Dueñas.

En las siguientes líneas se mencionan las principales dificultades que diferentes autores han identificado en la enseñanza de las ciencias, de la biología y del tema del metabolismo celular. Asimismo, se contextualiza institucionalmente la enseñanza de la biología y del metabolismo celular en la Escuela Nacional Preparatoria y cómo este tema tiene injerencia en la sociedad del conocimiento y en los cursos universitarios que toman los egresados de esta institución de nivel medio superior. El lector se dará cuenta que el problema es complejo y, por ende, presenta propiedades emergentes. Al ser un problema representado por un sistema de propiedades emergentes, al afrontar un aspecto del problema, éste repercute en los demás componentes del sistema. Para facilidad en su lectura se describen por componente, pero se debe ser consciente de las propiedades antes mencionadas. La figura 1 ilustra una representación del problema a grandes

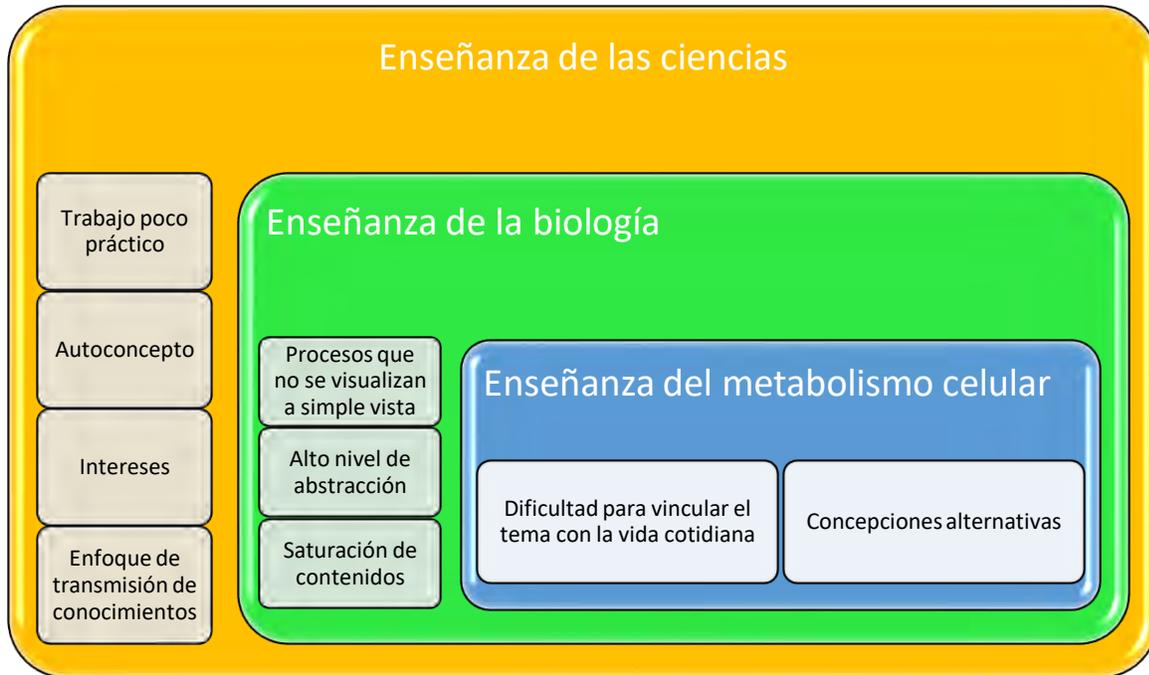


Fig. 1. Representación de la interrelación de los problemas presentes en la enseñanza de las ciencias, la biología y el metabolismo celular (elaboración propia)

Percepción de las ciencias entre los estudiantes del nivel medio superior

Diversos autores enfatizan en la importancia de la enseñanza de las ciencias -consúltese Niedo y Macedo (1997), Gutiérrez-Gómez (2012), Martín-Díaz (2002), entre otros-. Pintos (2006) declara que la enseñanza de las ciencias es importante porque:

- contribuye a la formación del pensamiento lógico a través de la resolución de problemas concretos,
- mejora la calidad de vida de las personas,
- prepara para la futura inserción en el mundo científico-tecnológico,
- sirve de soporte y sustrato de aplicación para las áreas instrumentales y,
- explica la realidad y ayuda a resolver problemas que tienen que ver con ella.

Pese a su importancia, la percepción que los estudiantes de educación media superior manifiestan ante la enseñanza de las ciencias no siempre es positiva y está determinada tanto por factores escolares, como extraescolares. Dentro de los escolares, Osborne y Collins (2010) enuncian que las ciencias son percibidas positivamente siempre y cuando se enseñen acompañadas de trabajo práctico y que éste sea desafiante y enseñado en un ambiente de enseñanza de alta calidad, con repercusiones inmediatas. Asimismo, el autoconcepto que el estudiante posea de la ciencia, los intereses individuales, el grado escolar e inclusive el género, también repercuten en la percepción que se tiene de este campo de conocimiento (Cheung, 2018). Como aspectos negativos se enuncia que los contenidos requieren de mucha repetición para ser entendidos, el uso de las clases científicas para seleccionar estudiantes élite y que la enseñanza de las ciencias se basa principalmente en la transferencia de conocimientos de parte de los profesores y los libros de texto hacia los estudiantes (Adu-Gyamfi, 2014).

Como factores externos al ámbito escolar, Dunlop (2018) atribuyen a la falta de vinculación entre los sectores formal e informal de enseñanza como una causa para que los estudiantes no se interesen en la ciencia, así como la falta de recursos en el ámbito familiar.

Ahora bien, el campo de conocimiento de las ciencias es muy amplio, por ende es necesario acotar el problema al campo de la biología y en particular a la enseñanza del metabolismo celular.

Dificultades en la enseñanza de la biología en el nivel medio superior

Lazarowitz (1992) y Çimer (2006) han identificado que los temas o conceptos biológicos relacionados con procesos fisiológicos como la síntesis de proteínas, el ciclo celular, la genética o el metabolismo energético, así como los ciclos biogeoquímicos presentan

dificultades para lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes de educación media superior debido a:

- el alto nivel de abstracción necesario para su comprensión,
- la imposibilidad de visualizar a simple vista los procesos enseñados,
- la saturación de contenidos presentes en los planes de estudio,
- la naturaleza interdisciplinaria de dichos temas o conceptos,
- el estilo de enseñanza de los profesores,
- los malos hábitos de estudio de los estudiantes,
- las actitudes negativas hacia los temas, entre otros.

Por lo menos los primeros cuatro puntos son una constante en la enseñanza del tema del metabolismo celular, el cual presenta a continuación su propio apartado.

Problemas identificados en la enseñanza del metabolismo celular

La enseñanza del metabolismo celular presenta una contradicción pues, pese a ser un tema profundamente relacionado con las experiencias cotidianas de los alumnos como las dietas, el ejercicio o su crecimiento, resulta difícil lograr que éstos establezcan dichas relaciones con el estudio formal del metabolismo. Esta dificultad debe abordarse, pues es un tema relevante en la comprensión de diversas enfermedades, entre las que destacan la diabetes y la obesidad (muy presentes en la sociedad mexicana) por ende, es un tema necesario para tomar decisiones adecuadas relacionadas con la salud y el estilo de vida (Luz, Aguiar, Ribeiro y Da Poian, 2008).

Lo anterior se complementa con afirmaciones de Cliff (2006), quien menciona que uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan los profesores de ciencias cuando

enseñan temas fisiológicos, entre ellos el metabolismo celular, es el hecho de que los estudiantes llegan al aula con concepciones alternativas que se caracterizan por ser resistentes para corregirse y que pueden surgir, incluso, durante la intervención didáctica que dirigen los docentes. Abimbola (1988) define las concepciones alternativas como *las ideas que difieren de aquellas que son aceptadas por expertos y que se diferencian de los errores porque éstos son reconocidos por los estudiantes, mientras que las concepciones alternativas no.*

Estas concepciones alternativas no constituyen ideas dispersas, sino que se hallan integradas en la mente formando esquemas conceptuales, dotados de cierta coherencia interna y que constituyen la estructura cognitiva que interacciona con la nueva información y que juega un papel esencial en el aprendizaje (Carrascosa, 2005). Sin embargo, Cliff (2006) menciona que las concepciones alternativas son corregidas con mayor éxito mediante intervenciones didácticas en las que los estudiantes tienen un papel más activo, en comparación con estrategias meramente teóricas.

Una vez descritas las dificultades encontradas en la enseñanza del metabolismo celular, se focalizará institucionalmente en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP).

El reto de enseñar el metabolismo celular en la ENP

Entonces, si es sabido que la enseñanza de temas relacionados con el metabolismo celular bajo un enfoque poco práctico es ineficaz para cambiar las concepciones alternativas de los estudiantes: ¿por qué se sigue enseñando de esa manera? En el caso de la ENP de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), dicha situación se

debe -entre otros factores- a que cada profesor de la institución atiende a por lo menos 50 estudiantes (Alvarado-Zamorano, 2014) y a la falta de estrategias didácticas experimentales para la enseñanza del tema.

Dicho sobrecupo propicia que en la ENP persista el uso mayoritario del modelo expositivo y memorístico que impacta en el aprovechamiento escolar pues, de acuerdo con la evaluación diagnóstica de planes y programas de estudio de la ENP, los egresados presentan un débil apropiamiento de los conocimientos esenciales ya que al incorporarse a la educación superior obtienen un promedio de aciertos del 42.5% en las evaluaciones diagnósticas de ingreso a sus respectivas facultades y carecen de competencias para aplicarlos en la solución de problemas académicos (Morales-Hernández, 2007).

El dato anterior se refuerza con los siguientes enunciados de Hernández (2013): *“alumnos egresados de las nueve preparatorias y los cinco planteles del CCH de la UNAM y que tienen pase automático a licenciatura tuvieron más deficiencias académicas durante su bachillerato...”* y *“el triple de los alumnos que gozaron del pase reglamentado repitió tres o más materias que los que ingresaron por examen de admisión”*.

Por lo tanto, es necesario generar recursos didácticos que relacionen la teoría con la práctica en aulas con un elevado número de alumnos y que permitan a éstos tener un papel más activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, además de desarrollar destrezas cognitivas, de razonamiento científico, experimentales y de resolución de problemas tales como: la observación, el análisis, la argumentación, la aplicación de conocimientos, la interpretación de los resultados obtenidos y la autoevaluación (Martínez-Parra, 2008). El metabolismo celular es un tema que hace posible generar recursos didácticos con esas características (Santos-Guevara, 2010).

Aunado al sobrecupo presente en las aulas de la ENP, las mismas estrategias didácticas dirigidas a la enseñanza-aprendizaje del metabolismo celular presentan dificultades particulares, las cuales se exponen a continuación.

Problemas que deben afrontar las estrategias didácticas para el aprendizaje del metabolismo celular

La enseñanza del metabolismo celular involucra el estudio de estructuras moleculares y de sus reacciones químicas, del papel de las enzimas involucradas, de los mecanismos de transporte a través de la membrana, la captación específica de un tejido y de las regulaciones de vías metabólicas como la glucólisis, glucogenogénesis, glucogenólisis, gluconeogénesis y vía de las pentosas (Garófalo, Alonso y Galagovsky, 2014).

En algunos planes de estudio del nivel medio superior -como el de la ENP- se abordan exclusivamente las vías metabólicas, y su estudio no va más allá de la enunciación de una serie de pasos en las que un sustrato se convierte en un producto y este producto en el sustrato de otra reacción, de modo que el estudiante no relaciona el tema con los diferentes niveles de organización y la interacción de procesos biológicos de distintos niveles de abstracción, que van desde aspectos macroscópicos hasta llegar al nivel molecular, donde ocurre una inmensa variedad de reacciones que están conectadas y coordinadas en distintos sitios del organismo (Martínez-Parra, 2008). Es decir, no se comprende la integración de los procesos anabólicos y catabólicos, ni cómo éstos ocurren en diferentes órganos del cuerpo. Por ende, es necesario generar estrategias didácticas que permitan a los estudiantes conocer los procesos metabólicos y entenderlos como complejos, interesantes e importantes.

La ENP cuenta con Laboratorios Avanzados de Ciencias Experimentales (LACE) y Laboratorios de Creatividad (LC) que pretenden favorecer la investigación experimental

temprana, equipados con instrumental y equipos que permiten el desarrollo de investigaciones, así como el diseño de actividades de enseñanza para las materias experimentales (Anónimo, s.f.).

El presente proyecto hace una aportación para que éstos puedan ser utilizados cuando los docentes de biología V aborden el tema de metabolismo celular o bien, como una propuesta de la que puedan surgir algunos proyectos para el Programa de Investigación Experimental Temprana (PIET) o para Jóvenes hacia la Investigación Científica, fomentando con ello su uso.

Con relación a los contenidos de los programas vigentes (mismos que fueron recientemente actualizados), éstos son muy enfáticos en los contenidos conceptuales, lo cual puede llegar a ser poco estimulante para los educandos. Dicha característica se traduce en la necesidad de generar estrategias didácticas que permitan a los educandos relacionar los contenidos abordados en clase con fenómenos de su vida cotidiana, que los hagan practicar habilidades tanto propias de la disciplina como relacionadas con otras asignaturas en un ambiente de trabajo colaborativo.

Aun reconociéndose la necesidad por cambiar el enfoque poco práctico de la enseñanza de la ciencia, entre ella temas relacionados con el metabolismo, queda mucho para resolver el problema, dadas las características educativas del nivel medio superior enunciadas anteriormente.

Contextualización del proyecto de tesis en el Plan de Estudios (PE) de la asignatura de Biología V de la ENP de la UNAM

La segunda unidad del PE corresponde al tema de metabolismo, donde se plantea -entre otros temas- el estudio de la participación de azúcares en éste, así como la distinción entre anabolismo y catabolismo, el acoplamiento entre ellos, así como lograr que el

alumno comprenda la importancia del metabolismo en el mantenimiento de la vida (Anónimo, 1997).

La glucogénesis y la glucogenólisis son procesos metabólicos que permiten ejemplificar a los educandos los contenidos anteriores. Puesto que el metabolismo de dichas biomoléculas relaciona a varios órganos corporales -entre ellos al hígado-, se plantea una propuesta teórico-práctica que haga uso del aprendizaje mediante proyectos y la construcción del conocimiento mediante la revisión por pares para la enseñanza del tema de glucogénesis y glucogenólisis.

La enseñanza de la biología en la ENP

La ENP ofrece una educación integral a los alumnos de los niveles medio superior (bachillerato) y medio básico (Iniciación Universitaria). Conformada por nueve planteles, atiende a una población de 52,000 alumnos, de los cuales, egresan el 57%. Dentro de los retos presentados en el plan de desarrollo de la ENP 2014-2018 (Jurado-Cuellar, 2015), entre otros, se destaca la necesidad de fortalecer la formación integral y propedéutica de los alumnos, así como iniciarlos tempranamente a la investigación, impactar en el desempeño de los estudiantes, incrementar la eficiencia terminal, así como concluir la modificación de los planes de estudio (vigentes desde 1996).

Haciendo alusión ahora a la enseñanza de la biología, los alumnos preparatorianos llevan los siguientes cursos de biología en su formación académica (tomando como referencia los planes de estudio de 1996):

- **Biología IV**, impartida en el quinto año y obligatoria para todos los estudiantes (forma parte del núcleo básico educativo). En este curso se introduce y se estudia la importancia de las ciencias biológicas como generadoras de conocimientos, sus metodologías de estudio, su relación con otras ciencias y su papel en el desarrollo de la sociedad; la

relación de la biología con la tecnología y se analizan las características de los seres vivos como la estructura y las funciones celulares, los tipos de células y la teoría celular. También, en el mismo curso se imparten temas relacionados a procesos reproductivos y hereditarios, así como la teoría y los mecanismos evolutivos; se aborda también la diversidad biológica con un criterio evolutivo. El curso finaliza con la explicación de los componentes del ecosistema y su funcionamiento, el estudio de los recursos naturales y algunos problemas ambientales -Programa de estudios de biología IV- (Anónimo, 1997).

- **Biología V**, impartida en el sexto año. Es una asignatura obligatoria del núcleo propedéutico para los alumnos que cursan el área II (ciencias biológicas y de la salud). En este curso se plantean contenidos relacionados con la nutrición, conllevando con ello al estudio de las biomoléculas y la estructura de los seres vivos. Una vez introducidos a estos contenidos, los educandos comienzan el estudio de los seres vivos como sistemas dinámicos y abiertos, así como el análisis de los principales procesos metabólicos. Posteriormente se hace una revisión de la herencia y reproducción; se estudia la comunicación inter e intracelular para el mantenimiento de la vida, así como la relación entre comunicación y desarrollo embrionario.

Se espera que con los contenidos anteriores los alumnos tengan una visión integral de la organización de los seres vivos. Para concluir el curso, a los alumnos se les presentan temas relacionados a la interacción de los seres vivos con su ambiente y el análisis de problemas biológicos relacionados con la sociedad (Anónimo, 1997).

- **Temas Selectos de Biología**, también impartida en el sexto año como materia optativa para alumnos del área II. El curso plantea la aplicación de la metodología de la investigación en estudios biológicos, el estudio de los principales grupos de microorganismos de importancia médica, agrícola, veterinaria, industrial o ecológica; temas relacionados al funcionamiento del sistema inmune, así como de bioquímica,

ingeniería genética y biotecnología y, para finalizar, se introduce a los alumnos en métodos para el estudio de la biodiversidad (Anónimo, 1997).

Una vez descrita el currículo de la enseñanza de la biología en el ENP, se procede a describir cómo se integran los temas relacionados con el metabolismo celular en dicho currículum.

La enseñanza del metabolismo celular en el sexto año del área II de la ENP

En la primera unidad del plan de estudios de la asignatura de biología se estudian los antecedentes teóricos necesarios para poder abordar el tema de metabolismo en la segunda unidad del programa. De modo que los educandos inicialmente son introducidos a la relación de la nutrición con la estructura y el mantenimiento de los seres vivos, así como los tipos de nutrición –heterótrofas y autótrofas-, moléculas orgánicas y organelos celulares.

Una vez revisados los tópicos anteriores, se abordan de lleno los temas relacionados con el metabolismo como: la relación de éste con la autoperpetuación y homeostasis celular, los tipos de sistemas, las transformaciones de la energía, los tipos de reacciones –endo y exergónicas- y una breve revisión de las leyes de la termodinámica; rutas metabólicas, la relación entre anabolismo y catabolismo, metabolismo de azúcares, lípidos y proteínas, el papel del ATP, NAD y FAD, así como de las enzimas participantes en éste.

Con los antecedentes anteriores se exponen los temas de fotosíntesis, metabolismo anaerobio (fermentaciones láctica, alcohólica y glucólisis) y respiración (ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa).

Una vez expuestas las dificultades para la enseñanza de las ciencias, de la biología y del metabolismo celular en el nivel medio superior (incluyendo la ENP), así como la composición del currículum de enseñanza de la biología y del metabolismo celular en

dicha institución, es ahora menester justificar el impacto que tiene el aprendizaje de este tema desde un punto de vista social.

El metabolismo celular en la economía del conocimiento

Si bien Pintos (2006) explica que la enseñanza de la ciencia es importante por diversos factores expuestos anteriormente (contribuye a la formación del pensamiento lógico a través de la resolución de problemas concretos y a mejorar la calidad de vida de las personas, entre otros), hoy día la economía del conocimiento es el elemento central para aumentar la productividad, la competitividad y el ingreso de un país (Robles-Plero, 2012). De acuerdo con este autor, el conocimiento necesita ser creado, adquirido, transmitido y utilizado con mayor efectividad por los individuos, las organizaciones y las comunidades para promover el desarrollo económico y social.

Dicha economía del conocimiento se justifica y promueve a través del objetivo cuatro de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (educación de calidad) el cual indica lo siguiente: *garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad [así como] promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todas y todos* (Anónimo, s.f.).

Contextualizando la Agenda en el ámbito económico, Ramos (citada en Toche, 2015) indica que para lograr que el país se transforme en una economía del conocimiento y que con ello, se superen los problemas de bajo crecimiento y productividad (la falta de innovación se manifiesta en el reducido número de patentes registradas en el país en comparación con la media de la OCDE), se requiere mejorar el nivel de habilidades y conocimientos científico-tecnológicos de los estudiantes mexicanos.

Si bien el punto de vista de Ramos es reduccionista y puede interpretarse como tecnócrata, es cierto que países como Irlanda o Corea del Sur han logrado un desarrollo sostenido con base en la economía del conocimiento. Para que el conocimiento pueda

insertarse como agente económico se requiere que los sistemas de educación, incluido el medio superior, sean capaces de actualizar y adaptar las habilidades de los estudiantes –futura población productiva- para crear y utilizar el conocimiento, así como para que se conviertan en agentes innovadores (Sánchez y Ríos, 2011).

Como eslabones de la economía del conocimiento, relacionadas a temas metabólicos, se pueden mencionar las siguientes actividades profesionales:

- El desafío de tratar con ejemplos palpables (por ejemplo, enfermedades de naturaleza compleja como el cáncer, enfermedades vectoriales de nueva aparición, entre otras), que permitan elevar la calidad de vida de una población y que posibiliten una mayor esperanza de vida. Esto promueve la investigación que conlleva a encontrar las causas y tratamiento de las enfermedades y las problemáticas mencionadas.
- La formulación de diversas tecnologías para satisfacer las necesidades de una población creciente en un medio con recursos limitados y cada vez más escasos.

Para realizar las actividades antes mencionadas, se requiere de conocimientos, habilidades y actitudes que comienzan a adquirirse en la educación media superior por ende, y como se mencionó en el planteamiento del problema, se requiere del desarrollo de nuevos recursos didácticos que explícitamente logren promover un aprendizaje significativo en los educandos en temas científicos, entre ellos el metabolismo. El tema en particular en el que se centra la presente tesis es la glucogénesis y glucogenólisis como ejemplificadores del acoplamiento anabolismo-catabolismo.

Además de la inserción en la economía del conocimiento, una sólida formación en conocimientos relacionados con el metabolismo se justifica por el hecho de que, al menos el 21% de los alumnos egresados del bachillerato, utilizará éstos en su desarrollo profesional, ya que están incluidos en los planes de estudio de carreras como medicina, biología, química farmacéutica biológica, entre otras (Alvarado-Zamorano, 2014).

Para lograr lo anterior, este trabajo desarrolla una estrategia didáctica conceptualizada en el método de Aprendizaje Basado en Proyectos, para favorecer en los educandos el aprendizaje situado, el trabajo colaborativo, así como la apropiación y aplicación de los conocimientos adquiridos.

Una vez expuestas las dificultades presentes en la enseñanza de la ciencia, de la biología, así como del metabolismo celular y dado que el presente proyecto se centra en la glucogénesis y en la glucogenólisis como ejemplos de acoplamiento entre el catabolismo y el anabolismo, se procede a explicar qué son el metabolismo celular y estos dos procesos metabólicos.

Capítulo 2. El metabolismo celular: la glucogénesis y glucogenólisis como ejemplos de acoplamiento metabólico

“La gente suele cambiar demasiado, tanto que siempre existe algo nuevo para observar en ellos siempre”.

Jane Austen.

La célula realiza una multitud de procesos simultáneos para mantener su equilibrio. Entre ellos destacan la glucogénesis y la glucogenólisis que son procesos metabólicos que regulan la cantidad de glucosa presente en la sangre y de cuyo equilibrio depende que se puedan cubrir los requerimientos energéticos de los seres vivos. Cuando este equilibrio se perturba crónicamente, se deriva en la aparición de enfermedades como la diabetes y la obesidad, tan presentes en la población mexicana.

Para comprender el equilibrio antes mencionado, en las siguientes líneas se explica qué es el metabolismo celular, el catabolismo y el anabolismo, así como los pasos metabólicos y las enzimas participantes en la glucogénesis y la glucogenólisis. Posteriormente se contextualiza a estos dos procesos fisiológicamente, primero en el hígado para posteriormente abarcar la unidad funcional de éste: el hepatocito. Éste concluye haciendo una breve revisión del proceso de mantenimiento de los niveles normales de glucosa –glucemia- y de las afectaciones producidas por periodos prolongados de ayuno.

¿Qué es el metabolismo celular?

Es un conjunto de reacciones bioquímicas que ocurren dentro de las células, de acuerdo con las necesidades de éstas para poder cumplir sus funciones. El metabolismo involucra una serie de vías que permiten a las células crecer y reproducirse, mantener sus estructuras, saciar sus requerimientos energéticos, así como responder a cambios

ambientales. Las vías metabólicas son llevadas a cabo y reguladas por enzimas (Yang, 2016).

Catabolismo y anabolismo

El metabolismo consiste en dos fases interdependientes: el catabolismo y el anabolismo. En el primero la energía es liberada por medio de la degradación de moléculas orgánicas complejas y, en el segundo ésta es capturada a través de la síntesis de moléculas complejas a partir de compuestos simples para almacenar energía. Generalmente, los materiales obtenidos durante la fase catabólica son usados en la fase anabólica. Los carbohidratos son la principal fuente de energía de los seres vivos, mas no la única. También participan en el metabolismo energético los lípidos y las proteínas (Nahle, 2007).

Glucogénesis y glucogenólisis

Un ejemplo de acoplamiento entre catabolismo y anabolismo lo constituye la glucogénesis (GG) y la glucogenólisis (GGL). La GG –como su nombre lo indica- es la biosíntesis de glucógeno, es decir, es un proceso anabólico. El glucógeno es el mayor carbohidrato de reserva en animales. Este polisacárido (fig. 2) es un homopolímero constituido por unidades repetidas de α D glucosa y cada molécula está unida a otra por un enlace glucosídico 1→4. Cuando una cadena de residuos de glucosa alcanza una longitud de 8 a 10 unidades, el polímero comienza a presentar enlaces 1→6 (Bender, 2009).

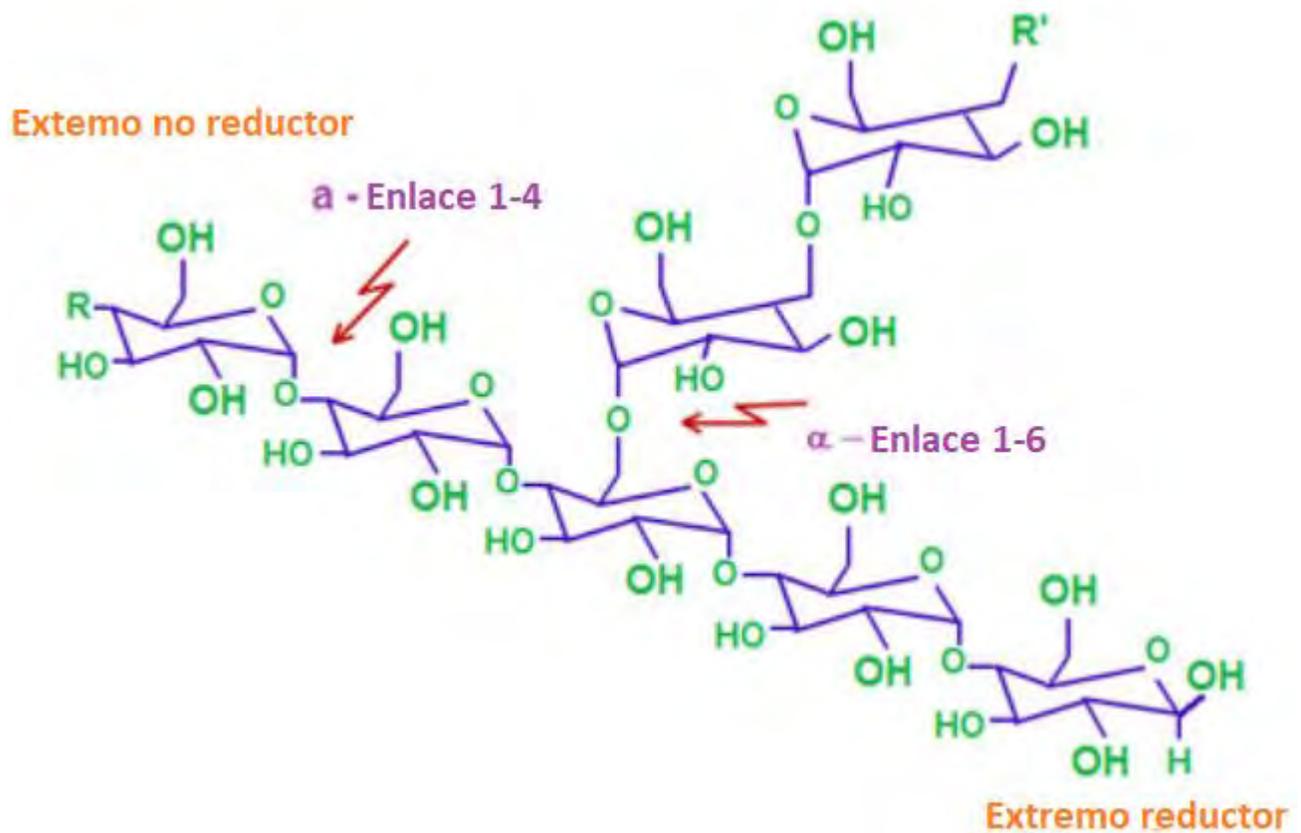


Fig. 2. Molécula de glucógeno. Modificada de <https://www.checkdiabetes.org/glycogenolysis/>

De acuerdo con este autor, el proceso se lleva a cabo en seis pasos: 1) fosforilación de la glucosa; 2) conversión de la glucosa-6-fosfato (Glu-6-P) a glucosa-1-fosfato (Glu-1-P); 3) Unión de la Uridina Trifosfato (UTP) a la Glu-1-P; 4) Unión de la UDP-Glu-1-P al cebador de glucógeno; 5) síntesis de glucógeno por la glucógeno sintasa y; 6) formación de las ramificaciones del polímero (fig. 3).

- **Fosforilación de la glucosa.** La glucosa es fosforilada a Glu-6-P por la hexocinasa (en tejido muscular) o por la glucocinasa (en el hígado). Esta reacción requiere de la inversión de una molécula de ATP.
- **Conversión de la glucosa-6-fosfato (Glu-6-P) a glucosa-1-fosfato (Glu-1-P).** La fosfoglucomutasa convierte la Glu-6-P en Glu-1-P
- **Unión de la UTP a la Glu-1-P.** La Glu-1-P reacciona con la UTP para formar UDP-Glu. El proceso es catalizado por la UDPGlu pirofosforilasa.

- **Unión de la UDP-Glu-1-P al cebador de glucógeno.** El cebador de glucógeno (o glucogenina) consiste en un fragmento pequeño de glucógeno ya existente -unido al grupo hidroxilo de la tirosina de dicha proteína- que permite que las UDP-Glu formen el polisacárido, uniéndose unas a otras. La enzima glucógeno sintasa es la que transfiere la primera molécula de UDP-Glu al cebador. Posteriormente, el cebador toma por sí mismo los residuos de UDP-Glu para finalizar la síntesis de éste. Es decir, la glucogenina actúa como cebador y como catalizador en las etapas iniciales de la síntesis.
 - **Síntesis de glucógeno por la glucógeno sintasa.** Una vez que finalizó la síntesis del cebador, la glucógeno sintasa transfiere la UDP-Glu a los extremos reductores del glucógeno para formar enlaces glucosídicos α 1-4.
 - **Formación de las ramificaciones del polímero.** En este paso participa la amilo-(1-4)-(1-6)-transglucosidasa (que es una enzima ramificadora), la cual transfiere un pequeño fragmento de cinco a ocho residuos de glucosa de un extremo no reductor del glucógeno a otro residuo de glucosa para formar un enlace α 1-6. Este paso enzimático produce un nuevo extremo no reductor, con lo cual el glucógeno seguirá elongándose y ramificándose. La reacción en general se representa de la siguiente manera: $(Glu)_n + Glu + 2 ATP \rightarrow (Glu)_{n+1} + 2ADP + Pi$. Una molécula de ATP se usa en el primer paso y la otra en el tercero.
- En cambio, la glucogenólisis (fig. 4) es la contraparte catabólica de la glucogénesis en la cual, el glucógeno se degrada para producir Glu-1-P y glucosa en el hígado y en el músculo. Este proceso se lleva a cabo mediante: 1) la remoción de glucosa de los extremos no reductores del glucógeno y, 2) la hidrólisis de los enlaces glucosídicos α -(1-6) en las ramificaciones del glucógeno (Bender, 2009).
- **La remoción de glucosa de los extremos no reductores del glucógeno.** Este paso es realizado por la glucógeno fosforilasa (GP), la cual usa fosfato inorgánico para romper los enlaces α -(1-4); con ello se produce Glu-1-P. La GP detiene su actividad cuando llega a los cuatro últimos residuos de Glu unidos al enlace α -(1-6).

dos pasos enzimáticos realizados por la fosfoglucomutasa (de Glu-1-P a Glu-6-P) y por la glucosa-6-fosfatasa (de Glu-6-P a Glu). Una vez que se tiene Glu libre, ésta se libera al torrente sanguíneo.

Una vez explicados los procesos de glucogénesis y glucogenólisis se procede a describir las características del sitio principal en el que ocurren: el hígado.

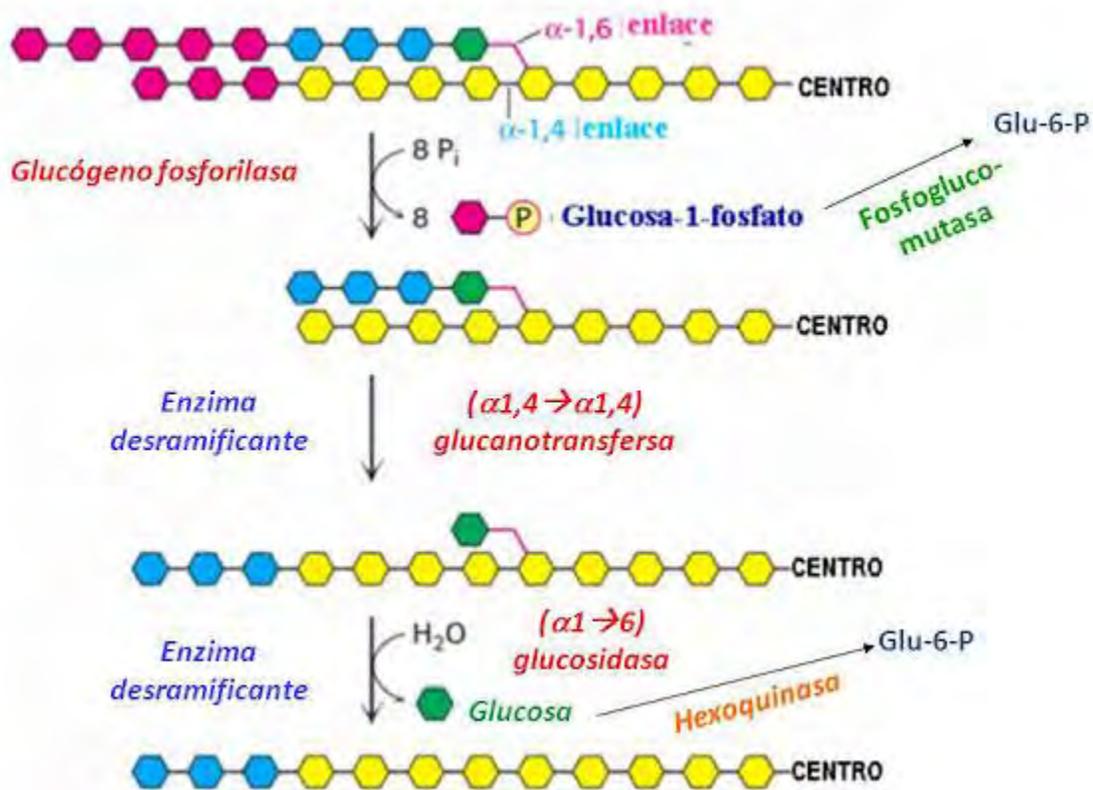


Fig. 4. Glucogenólisis. Tomada de Tejedor, C. (2014).

El hígado: órgano en el que ocurren estas reacciones

Tortora y Derrickson (2006) describen a este órgano del aparato digestivo de la siguiente manera:

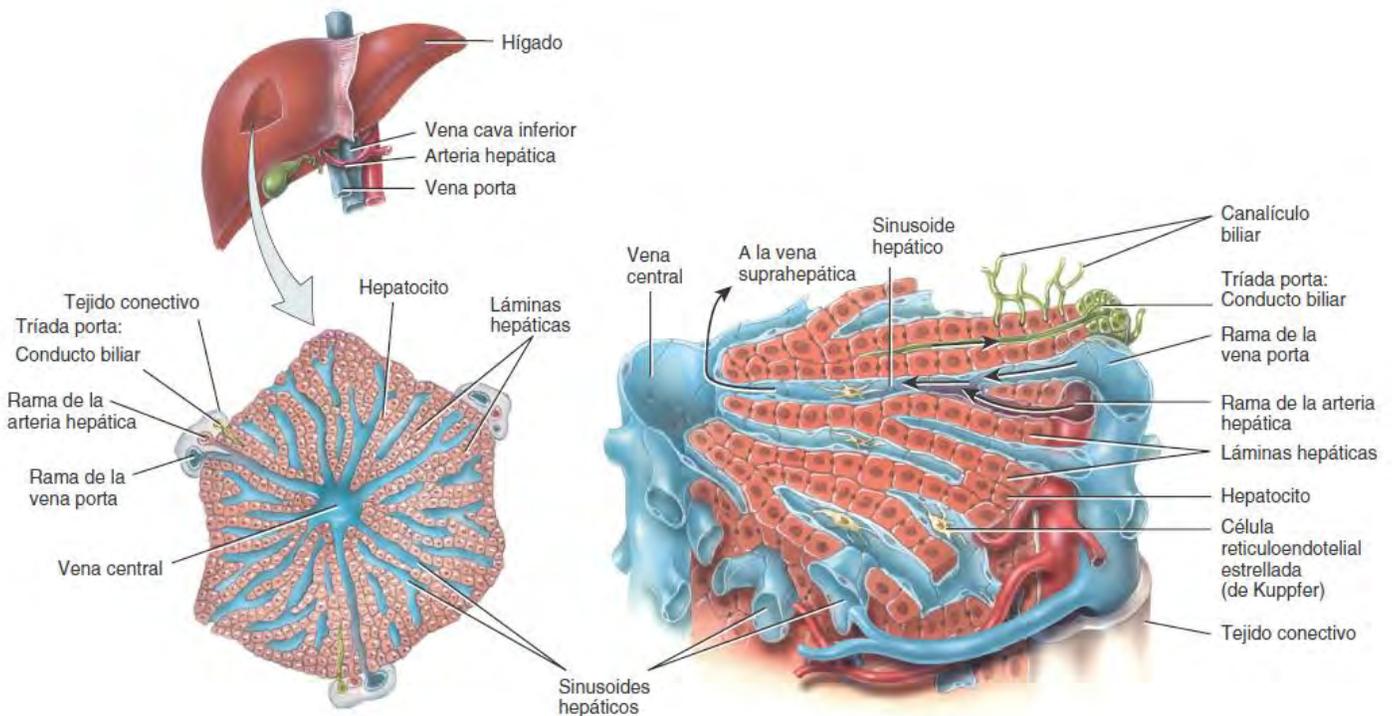


Fig. 5. Anatomía del hígado. Tomada de Tortora y Derrickson (2006).

El hígado está ubicado en el cuadrante derecho superior del abdomen, justo debajo del diafragma. De acuerdo con la distribución de sangre en el interior de éste, se divide en veinte segmentos en promedio; cada segmento se divide en lóbulos –agregaciones hexagonales de hepatocitos, los cuales se organizan en placas que radian desde una vena central-. El hígado es irrigado principalmente por sangre venosa proveniente del intestino delgado a través del sistema porta hepático, pero también recibe flujo sanguíneo del bazo, páncreas y vesícula biliar por medio del mismo sistema). Una vez que la sangre atraviesa al hígado, es enviada al corazón a través de la vena hepática. Como todo órgano, el hígado también requiere de sangre oxigenada, la cual le llega por medio de la arteria hepática (fig. 5).

Este órgano tiene, entre muchas otras, la función de administrar la cantidad de glucosa presente en la sangre ya que, cuando el consumo de glucosa excede a la que el cuerpo necesita, ésta se almacena en forma de glucógeno; cuando los niveles de glucosa

sanguínea disminuyen, el glucógeno se rompe para liberar glucosa al torrente sanguíneo. El glucógeno se almacena en los hepatocitos en forma de gránulos, los cuales se describen a continuación.

El hepatocito: unidad funcional del hígado

De acuerdo con Kmiec (2001):

Los hepatocitos son las células funcionales principales del hígado y llevan a cabo diferentes funciones metabólicas, endócrinas y secretoras. Aproximadamente el 80% de la masa del hígado está constituida por este tipo de células. Los núcleos de estas células son distintivamente redondos, con uno o dos nucléolos prominentes. La mayoría de las células son uninucleadas, pero las binucleadas también son comunes. Por su activo rol en la síntesis de lípidos y proteínas, presentan un abundante volumen de retículo endoplásmico, tanto liso como rugoso.

Otro tipo de partícula observada en grandes cantidades corresponde al glucógeno, sin embargo, la cantidad de glucógeno varía dramáticamente dependiendo el momento en el que se observa a los hepatocitos al microscopio. Si provienen de una muestra donde el individuo tenía poco tiempo de haber comido, se apreciará una gran cantidad de gránulos del polímero; si la muestra proviene de un individuo que presentó un largo periodo de ausencia de ingesta de alimentos, la cantidad de gránulos será mínima. En secciones de hígado en parafina, cuando éstas se tiñen con la técnica del ácido periódico de Schiff periodic acid-Schiff (PAS, por sus siglas en inglés), los gránulos de glucógeno se tiñen de color rosa brillante.

Ahora que ya se ha explicado de manera simplificada qué es el metabolismo, a la glucogénesis como un proceso anabólico y la glucogenólisis como catabólico, al hígado como órgano en el que ocurren estas reacciones y a los hepatocitos como unidades funcionales de dicho órgano, es preciso ahora describir cómo estos

procesos se acoplan para mantener en un margen normal los niveles de glucosa sanguíneos: la glucemia.

La glucemia

El término glucemia se refiere a los niveles de glucosa presentes en sangre en un individuo y está relacionado con la homeostasis de este carbohidrato. La homeostasis de la glucosa requiere de un continuo balance entre transporte, almacenamiento y metabolismo. La glucosa no atraviesa las membranas celulares por difusión pasiva, sino que es facilitada por transportadores de glucosa (GLUT), los cuales pueden estar presentes en la membrana plasmática o estar almacenados al interior de la célula, según las necesidades requeridas de éstos. Además, el hígado y el páncreas pueden estimular la síntesis y expresión de GLUT en respuesta a niveles elevados de glucosa (Rojas, Morales, Sampieri, Azamar y Ruiz, 2012).

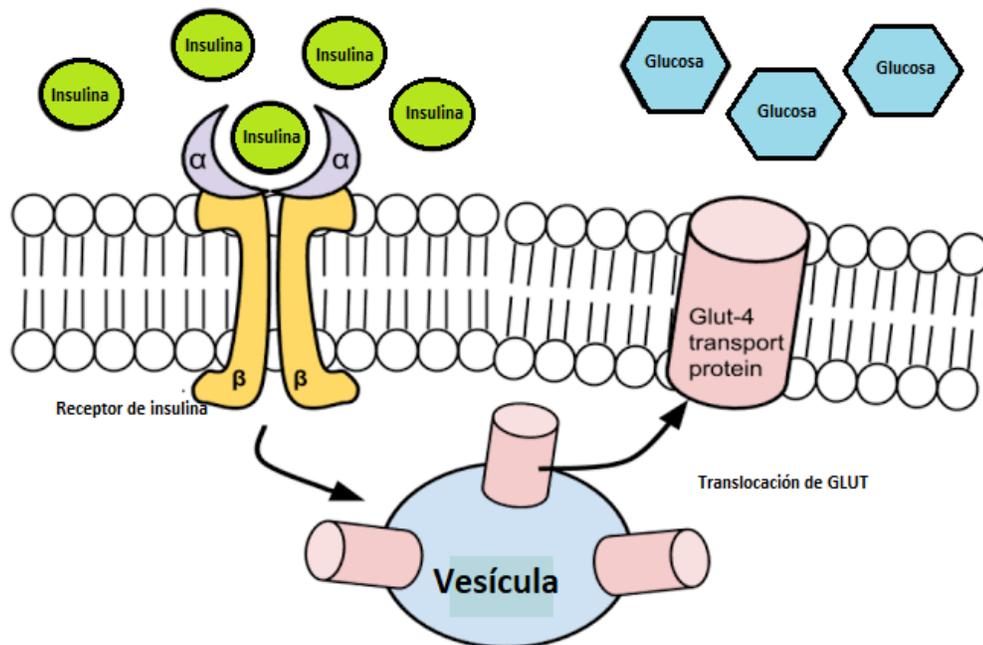


Fig. 6. Translocación de GLUT mediada por el incremento de los niveles de insulina y glucosa sanguíneos. Modificada de Muskopf, S. (2019).

Como se acaba de mencionar en el párrafo anterior, la célula puede regular la cantidad de transportadores presentes en la membrana por medio de un proceso reversible denominado “adaptación” o “desensibilización”, donde la exposición prolongada a un estímulo disminuye la respuesta de la célula al mismo. La adaptación permite a la célula responder a los cambios de concentración de una molécula extracelular y se regula por medio de un mecanismo de realimentación negativa a través de diferentes maneras (Alberts *et al*, 2008). La figura 6 muestra cómo el transportador GLUT, presente en una vesícula en el interior de la célula, se transloca a la membrana celular cuando el receptor de insulina se activa debido al incremento de los niveles sanguíneos de insulina. Dicho incremento se produce por la elevación de los niveles de glucosa en sangre.

La unión de las moléculas a su receptor puede inducir la endocitosis y secuestro temporal de los receptores en endosomas. En otros casos, el receptor *endocitado* se destruye en los lisosomas; o inactivados en la superficie celular –*fosforilandolos* o *metilándolos*, entre otras modificaciones-. Dado que un receptor puede asociarse a una proteína periférica intracelular, la desensibilización puede inactivar a ésta o bien, produciendo una proteína que inhiba a la proteína periférica (Alberts *et al*, 2008).

Existen catorce tipos de transportadores GLUT (GLUT1-GLUT14). El hígado presenta en sus membranas celulares a GLUT1 (presente en todas las células) y GLUT2 (específico de hígado, células beta pancreáticas e intestino). Mientras más transportadores GLUT estén presentes en la membrana, mayor cantidad de glucosa puede ingresar a las células; con ello, los niveles de glucosa regresan a su nivel normal $<100\text{mg/dL}$ (Mueckler y Thorens, 2013).

La glucogénesis es un proceso iniciado en respuesta a la insulina, secretada por las células beta del páncreas cuando los niveles de glucosa en sangre son elevados (por la ingestión de alimentos). Como respuesta a esta hormona, los hepatocitos aumentan la

presencia de GLUT en sus membranas plasmáticas para que haya un mayor ingreso de glucosa hacia el interior de los mismos, se aumenta el metabolismo de este carbohidrato, así como su almacenamiento en forma de glucógeno y se inhibe la liberación de glucosa hacia el torrente sanguíneo al suprimirse la acción del glucagón (Karim *et al.*, 2012).

Inversamente, la glucogenólisis es un proceso que libera glucosa al torrente sanguíneo cuando los niveles del carbohidrato disminuyen y está mediado por las hormonas glucagon (producida por las células alfa pancreáticas), epinefrina y norepinefrina (producidas por las glándulas suprarrenales). La acción de estas hormonas es activar a la enzima glucógeno fosforilasa, la cual rompe los enlaces glucosa-glucosa del glucógeno para aumentar la concentración de glucosa en sangre (Ikezawa, Yamatani, Ogawa, Ohnuma, Igarashi, ..., Sasaki, 1998).

La importancia de la glucogenólisis radica en que existen tipos celulares, como el cerebro y los glóbulos rojos, que necesitan un aporte constante de glucosa y este proceso metabólico permite la presencia constante del carbohidrato en sangre. Cabe mencionar también que el aporte energético que puede proporcionar el glucógeno almacenado se agota después de aproximadamente 30 horas de la ausencia de ingesta de alimentos. Una vez superado este tiempo, inicia otra ruta de síntesis de glucosa: la gluconeogénesis (GNG) (Han, Kang, ..., Koo, 2016).

Entonces, de acuerdo con los autores antes citados, la glucogénesis y la glucogenólisis participan en mantener dentro de un margen normal los niveles de glucosa en las primeras 30 horas de ayuno, pero ¿qué sucede cuando el ayuno se prolonga? En la próxima sección se desarrolla la respuesta a esta interrogante.

La relación ingesta de alimentos-ayuno se clasifica en dos grandes fases: la post-absorción y la gluconeogénica. La primera hace alusión a la GG y a la GGL, descritas en líneas anteriores. En cambio, la fase gluconeogénica explica qué ocurre en el organismo cuando el ayuno se prolonga por periodos de tiempo más prolongados y se presenta del segundo al décimo día de ayuno. En ésta, los requerimientos de glucosa se cumplen empleando aminoácidos gluconeogénicos (todos los aminoácidos, excepto la leucina), lactato, piruvato y glicerol. Cuando el ayuno se prolonga por más de diez días inicia otra fase: la de conservación de proteínas. Ésta se caracteriza por la disminución del catabolismo de proteínas al movilizar los almacenes de grasa y el uso de ácidos grasos y cetonas se incrementa (Kerndt, Naughton, Discoll y Loxtercamp, 1982).

Dada la cotidianidad de la fase gluconeogénica, se procede a describirla con mayor detalle.

Hasta este momento sólo se ha descrito al hígado como protagonista en la regulación glucémica sin embargo, el tejido muscular también participa en dicha regulación al almacenar también glucógeno pero, a diferencia del hepático, el glucógeno muscular no provee de glucosa al torrente sanguíneo directamente porque carece de la enzima Glu-6-P fosfatasa, pero una vez que los niveles del polisacárido hepático decaen, el glucógeno muscular se metaboliza a lactato y entonces es liberado a la circulación y resintetizado a glucosa en el hígado y en el riñón en un proceso denominado ciclo de Cori (figura 7). Si bien este proceso no origina una producción de glucosa y sólo se desarrolla durante la actividad muscular anaeróbica, permite que disminuya el catabolismo de proteínas y hace que la energía provenga de la oxidación de ácidos grasos los cuales, si bien no pueden ser precursores en la síntesis de glucosa, la energía proveniente de su oxidación permite la síntesis de glucosa a partir de lactato y glicerol (Ophardt, 2003).

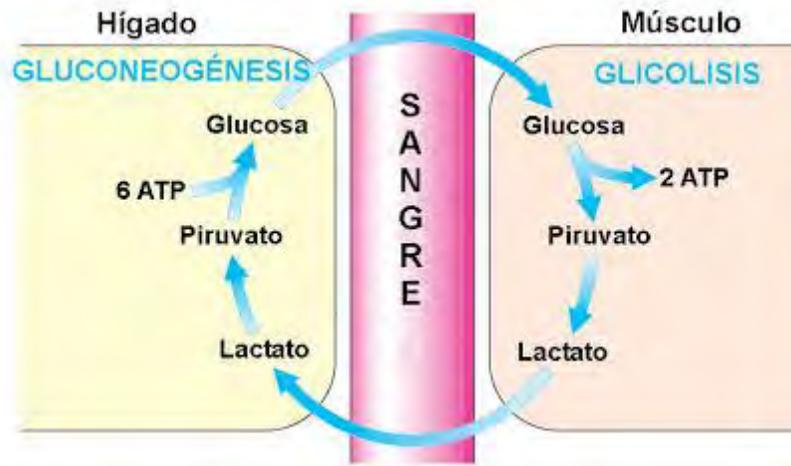


Fig. 7. Descripción sintética del ciclo de Cori. Recuperada de anónimo (2017)

Otro proceso gluconeogénico: el ciclo glucosa-alanina (figura 8) es descrito por (Kerndt *et al.*, 1982) de la siguiente manera:

Es un ciclo en el cual el músculo participa en la generación de glucosa por medio de la *desaminación* de los aminoácidos presentes en éste y la *transaminación* del piruvato para generar altas concentraciones de alanina, la cual viaja por el torrente sanguíneo desde el músculo hasta llegar al hígado y al riñón, donde se *desamina* (generando con ello urea) para volver a generar piruvato y que, éste a su vez genere glucosa que viajará, entre otros puntos, al músculo para que en éste se vuelva a generar piruvato y seguir alimentando el ciclo.

El ciclo glucosa-alanina tiene otra función: regular la gluconeogénesis mediada por aminoácidos (GMA). Cuando los niveles de insulina son altos, la GMA disminuye al inhibir la entrada de alanina al hígado. Otro fenómeno que disminuye la GMA es la cetosis (la generación de energía por la producción de cuerpos cetónicos producidos por la acetil-coenzima A (Ac-CoA) derivada de la oxidación de ácidos grasos) que induce la disminución de la *desaminación* de aminoácidos en el músculo, y con ello la reducción de alanina destinada a la exportación del aminoácido.

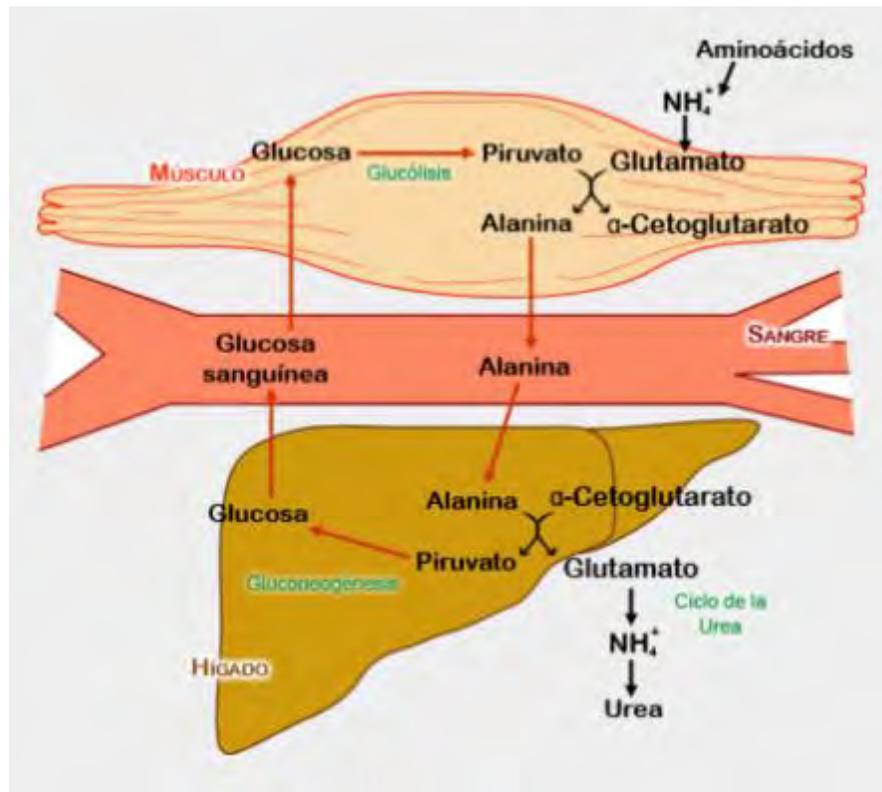


Fig. 8. Descripción sintética del ciclo glucosa-alanina. Recuperada de anónimo (2015).

Otros procesos gluconeogénicos que participan en el mantenimiento de la glucemia en periodos de ayuno prolongado son la lipólisis (LL), que se entiende como el proceso mediante el cual se catabolizan los triglicéridos para producir ácidos grasos libres y glicerol (Lass, Zimmermann, Oberer y Zechner, 2010) y la cetogénesis (CG): proceso mediante el cual una parte de la acetil-CoA producida por la oxidación de los ácidos grasos generan cuerpos cetónicos, que son la mayor fuente de energía del cerebro en periodos de ayuno prolongado (Ophardt, 2003).

El presente trabajo se enfoca en la glucogénesis y la glucogenólisis por ser un ejemplo de acoplamiento metabólico que puede vincularse con situaciones de la vida cotidiana como las dietas, trastornos alimenticios o bien, para comprender enfermedades complejas como la diabetes y la obesidad, pero se debe tomar en cuenta que es una simplificación de la realidad pues, como se explicó, además de los dos procesos

mencionados, la gluconeogénesis también participa en mantener el equilibrio glucémico del organismo.

Una vez descritas las bases biológicas del tema implementado en la estrategia didáctica que se analiza en este trabajo, se procede a describir los fundamentos didácticos de la misma.

Capítulo 3. La cognición situada y el aprendizaje auténtico

“Para ser sincero es necesario conocerse a sí mismo y para conocerse a uno mismo hacen falta años”

Milán Kundera

En el presente capítulo se exponen las bases pedagógicas que fundamentan la estrategia didáctica empleada para la enseñanza de la glucogénesis y glucogenólisis como ejemplificadores del metabolismo celular. Se comienza por exponer qué es la cognición situada y su relación con el aprendizaje auténtico (los cuales exponen que el estudiante y el ambiente tienen una relación dialéctica) para posteriormente describir que la cognición situada es un proceso de socialización que conlleva a la formación de una comunidad de práctica.

¿Qué son la cognición situada y el aprendizaje auténtico?

La cognición situada es una alternativa crítica y amplia de modelos cognitivos que visualizan al conocimiento como un proceso computacional abstracto, aislado del mundo real que ignora el hecho que la mente evolucionó para hacer que las cosas pasen ya que, primeramente, es un órgano para controlar al cuerpo (Smith y Collins, 1989) y que el conocimiento no es solamente un estado mental, sino una experiencia de relación de cosas que no tienen sentido fuera de tales relaciones (Hung y Chen, 2001).

La cognición situada establece que el conocimiento debe presentarse en contextos de aprendizaje auténticos, donde los educandos apliquen lo aprendido en su práctica diaria en situaciones de bajo riesgo, acompañados de la interacción social y colaboración dentro de la comunidad de práctica (Pg Hj Besar, 2018). Implica que las actividades de los educandos y el ambiente son parte de un constructo mutuo, ya que la adaptación del educando al ambiente involucra una mutua modificación (Hung y Chen, 2001).

Dadas las premisas anteriores, se procede a explicar qué es un contexto de aprendizaje auténtico y una comunidad de práctica.

¿Qué es un contexto de aprendizaje auténtico?

Es una situación que provee un propósito y motivación para el aprendizaje que no solamente ofrece ejemplos de la vida cotidiana para ilustrar el contenido a enseñar, sino que también acopla un ambiente físico que refleja la forma en la cual el conocimiento es usado y una serie de recursos que permiten una evaluación desde diferentes perspectivas, así como garantizar el acceso a la información como ésta se vaya requiriendo y no de manera lineal y programada (Herrington y Herrington, 2008). Las experiencias de aprendizaje generadas en un contexto auténtico deben reflejar las complejidades y ambigüedades de la vida real y permitir a los educandos desarrollar habilidades de resolución de problemas y de confianza en sus propias habilidades de aprendizaje donde éstos participan en la decisión de lo que será enseñado y donde el vehículo principal para el aprendizaje es la investigación y el descubrimiento. Asimismo, el aprendizaje se convierte en un proceso que es regulado internamente por los estudiantes y no por refuerzos externos como las calificaciones y los puntos (Nicaise, Gibney y Crane, 2000).

Dadas las premisas anteriores, se entiende que para lograr un aprendizaje auténtico se requiere de un ambiente en el cual conviven diversos agentes que comparten motivaciones, experiencias e intereses mutuos. Ello conduce a la necesidad de definir qué es una comunidad de práctica.

La comunidad de práctica

La asociación es un componente de la naturaleza humana. Una comunidad de práctica se forma cuando un grupo que muestra el mismo interés por resolver un problema o compartir ideas se asocia. Este concepto, que hace referencia a las características de la comunidad de práctica, tiene sus bases teóricas en la psicología de la socialización, la cual se opone a considerar al aprendizaje como un proceso de cognición que resulta en la internalización del conocimiento por los individuos y por ende concibe al aprendizaje como un proceso que permite a los educandos convertirse en miembro de una comunidad (Mercieca, 2017).

Hoadley (2011) amplía la definición al referirse a la comunidad de práctica como un proceso en el que se genera, aplica y reproduce el conocimiento mediante la participación periférica legítima donde los educandos entran a una comunidad para que, gradualmente, se apropien de sus prácticas. Con la apropiación paulatina de las prácticas del grupo, los educandos pasan de tener una participación periférica a una central. La comunidad de práctica puede ser creada y mantenida por un profesor, un jefe o una comunidad organizada, dependiendo del enfoque del currículo empleado, ya sea un currículo de aprendizaje o uno de enseñanza.

Un currículo de aprendizaje es esencialmente situado y se desarrolla en situaciones que ofrecen la oportunidad de improvisar nuevas prácticas, vistas desde la perspectiva de los educandos. En contraste, un currículo de enseñanza provee y limita los recursos para el aprendizaje, mediados desde la perspectiva del profesor (Lave y Wenger, 1991).

Entendiendo que la cognición situada requiere de una comunidad de práctica en la que se presentan situaciones de aprendizaje auténticas, se procede a explicar las aportaciones de Vygotsky a la cognición situada.

Principales conceptos en la teoría sociocultural de Vygotsky

Lev Vygotsky es el principal representante de la teoría constructivista social-cognitiva. El núcleo de su teoría habla de la interacción individual con la sociedad, el impacto de la interacción social, el lenguaje y la cultura del aprendizaje. Se enfocó en explicar el rol del diálogo en la construcción del aprendizaje y percibió el origen de las funciones cognitivas como un producto de la interacción social (categoría intermental) donde el educando recibe el conocimiento inicialmente a través de contactos e interacciones con otras personas, para posteriormente asimilar este conocimiento agregándole valores personales (categoría intrapsicológica) es decir, no se asimila como una mera imitación sino como una reconstrucción personal de lo apropiado de la esfera social (Topçiu y Myftiu, 2015; Shabani *et al.*, 2010).

Una vez definido que la base de la teoría de Vygotsky es la interacción social del educando con su entorno, se procede a definir los cinco componentes de la teoría sociocultural (fig. 9): la zona de desarrollo próximo, la mediación, el andamiaje, la internalización y el discurso privado.



Fig. 9. Los componentes de la teoría sociocultural de Lev Vygotsky (elaboración propia)

La zona de desarrollo próximo

Werstch, (citado en Topçiu y Myftiu, 2015) define a la zona de desarrollo próximo como “la diferencia en la capacidad actual de resolver un problema y el máximo potencial para resolverlo bajo la guía de alguien más experimentado: ya sea un profesor o un compañero”. La eliminación de dicha distancia no es ni automática ni espontánea, sino que consiste en una serie de procesos de desarrollo internos (instrucción y desarrollo) favorecidos mediante la interferencia de alguien más competente. Lantfold (citado en Shooshtari y Mir 2014) y Shabani *et al.* (2010) agregan al concepto la construcción colaborativa de oportunidades para que los individuos desarrollen sus habilidades mentales o aprendan nuevos conceptos.

La construcción de este concepto responde a la necesidad de criticar al enfoque psicométrico que refleja solamente el nivel actual de la mejora de los educandos y no considera el potencial de aprendizaje futuro de los educandos (Vygotsky, citado en Shabani *et al.*, 2010).

Roosevelt (citado en Shabani *et al.*, 2010) menciona que el principal objetivo de una educación desde la perspectiva vygotskyana es ofrecer a los educandos actividades de aprendizaje significativas y desafiantes (de aprendizaje auténtico) ligeramente más difíciles de lo que ellos pueden realizar independientemente para que una vez que puedan realizarlas por sí mismos, sirvan de andamiaje para otras actividades con mayor dificultad (fig. 10). Cuando el educando es capaz de realizar una actividad que antes sólo podía realizar con ayuda de alguien más experimentado es decir, cuando el aprendizaje se ha lleva a cabo, la zona de desarrollo próximo se reduce (fig. 11).

A su vez, Murray y Arrollo (citados en Shabani, Khatib y Ebadi, 2010) mencionan que la zona de desarrollo es caracterizada desde la perspectiva cognitiva y afectiva. En la cognitiva, el material no debe ser ni tan difícil ni tan fácil de aprender y en la afectiva, el educando debe evitar los extremos aburridos (por ser excesivamente fáciles) y frustrantes (por ser muy difíciles).



Fig. 10. Esquematación de la zona de desarrollo próximo (ZDP). Modificada de Shabani *et al.* (2010).



Fig. 11. Reducción de la ZDP después de que ha ocurrido el aprendizaje. Modificada de Shabani et al. (2010).

La reducción de la zona de desarrollo próximo se relaciona con la mediación, el segundo componente de la teoría sociocultural, ya que la reducción de ésta requiere del uso de diferentes herramientas por parte del docente o el compañero más experimentado. A continuación se describe este componente.

Mediación

De acuerdo con Vygotsky (citado en Karpov y Haywood, 1998; Thompson, 2013 y Guerrero, 2007), todo proceso psicológico está mediado por herramientas psicológicas, materiales y culturales como el lenguaje, los signos y los símbolos que triangulan el contacto indirecto entre objeto y el sujeto, estableciendo con ello relaciones entre sus representaciones mentales y el mundo. Éstas son enseñadas por individuos más experimentados a los menos experimentados para que posteriormente sean internalizadas por los segundos. Estas herramientas funcionan como mediadores para lograr procesos psicológicos más avanzados. Existen dos tipos de mediaciones: metacognitivas y cognitivas.

➤ Mediaciones metacognitivas

Este tipo de mediación se refiere a la adquisición de herramientas de autorregulación: auto-planeación, auto-monitoreo, auto-revisión y auto-evaluación. Estas herramientas se originan en la comunicación interpersonal, la cual presenta dos funciones: mediar la actividad social y la actividad mental (Karpov y Haywood, 1998 y Guerrero, 2007).

➤ Mediaciones cognitivas

Se refieren a la adquisición de herramientas cognitivas que son necesarias para resolver problemas y están relacionadas con el aprendizaje de conceptos científicos los cuales, una vez interiorizados, median en la resolución de problemas de los educandos y que desplazan a los “conceptos espontáneos” o concepciones alternativas, las cuales son el resultado de la generalización e interiorización de experiencias cotidianas en ausencia de educación formal (Karpov y Haywood, 1998).

Vale la pena mencionar que acudir a la educación formal no es sinónimo de alcanzar el aprendizaje de conceptos científicos, pues Vygotsky menciona (citado en Guerrero, 2007):

“La enseñanza directa de conceptos es imposible e infructuosa. Un profesor que intenta hacerlo de esta manera sólo logra caer en verbalismo, una simple repetición de palabras por el educando, simulando que se logró el aprendizaje”.

Entonces, para reducir la zona de desarrollo próximo se requiere de la mediación de individuos experimentados y dicha mediación se realiza mediante herramientas cognitivas y metacognitivas las cuales necesitan partir de un punto de “apalancamiento” para lograr que el individuo menos experimentado logre aprender y llegue a otro estado de desarrollo próximo. Dicho apalancamiento es explicado mediante el concepto de andamiaje.

Andamiaje

El andamiaje es un concepto que se deriva directamente de la zona de desarrollo próximo, sin embargo, a diferencia del anterior, éste es difícil de definir debido a sus múltiples interpretaciones y explicaciones (Verenikina, 2008), aunque frecuentemente se acompaña de términos como “ayuda”, “asistencia” o “guía” (Amerian y Mehri, 2014). Topçiu y Myftiu (2015) describen al andamiaje como un proceso de transición que facilita la transición desde un estado de necesitar apoyo para realizar una tarea o resolver un problema hasta el estado de poder realizarlo independientemente. Donato (citado en Baleghizadeh y Memar, 2011) complementa la descripción anterior como sigue: es una situación donde un participante con mayor conocimiento puede crear condiciones en las cuales un aprendiz puede participar y ampliar sus capacidades y conocimientos actuales a niveles más altos de competencia.

Es decir, mientras que la zona de desarrollo próximo se entiende como una distancia entre lo que se puede y no se puede hacer sin apoyo, el andamiaje es el proceso o situación por las cuales se reduce dicha distancia. Wells (citado en Verenikina, 2008) y McKenzie (citado en Van der Stuyf, 2002) identifican las siguientes características del andamiaje:

- Se presenta inmerso en un discurso que tiene una naturaleza dialógica en la cual el conocimiento es co-construido,
- Requiere de actividades auténticas que permitan el aprendizaje significativo,
- Hace uso de artefactos que median el conocimiento,
- El objetivo principal del andamiaje es transferir la responsabilidad de las actividades a realizar a los educandos,
- Hace uso de evidencias que permiten determinar que el educando puede realizar independientemente lo que antes sólo podía hacer con apoyo,

- Proporciona una dirección clara y reduce la confusión de los educandos,
- Apoya a los educandos a comprender el porqué de lo que están haciendo y su importancia,
- Mantiene a los estudiantes involucrados en las tareas asignadas,
- Clarifica las expectativas e incorpora la evaluación y la retroalimentación,
- Se provee a los estudiantes de fuentes para reducir la confusión, frustración y tiempo asimismo,
- Se permite evaluar las lecciones para determinar áreas de oportunidad y refinar las lecciones para eliminar las dificultades y lograr con ello la maximización del aprendizaje.

Por su parte, Amerian y Mehri (2014) describen y complementan el proceso de andamiaje en seis pasos:

- Soporte contextual. Donde se provee al educando de un artefacto con el cual puede cometer errores como parte del proceso de aprendizaje.
 - Continuidad. En ella, se llevan a cabo una serie de acciones e interacciones que terminarán formando parte del proceso de andamiaje.
 - Intersubjetividad. Dos (o más) individuos se comprometen en la interacción.
 - Flujo. La interacción inicial continúa desarrollándose sin necesidad de que un agente externo la favorezca.
 - Contingencia. El apoyo hacia el educando se ofrece en medida que éste lo solicita. Hace énfasis en las actividades de diagnóstico para lograr un andamiaje efectivo.
 - Independencia. El educando puede realizar tareas similares sin necesidad de apoyo.
- De acuerdo con lo recién expuesto, el andamiaje es un proceso de la esfera de socialización y por tanto, es interpsicológico. Simultáneamente, durante la interacción se dan procesos intrapsicológicos, los cuales se describen a continuación.

Internalización

Vygotsky (citado en Negueruela-Azarola, 2012) indica que el proceso de internalización se origina socialmente en actividades humanas concretas que son culturalmente mediadas por herramientas semióticas, el lenguaje principalmente. Asimismo, la internalización no es ni inmediata ni mecánica, sino que es mediada y transformadora. Cuando la internalización tiene lugar, una actividad externa se imita, apropia, transforma y pasa a las concepciones internas del pensamiento es decir, una operación que inicialmente representa una actividad externa se reconstruye internamente o bien, un proceso interpersonal es transformado en uno intrapersonal. La internalización es el origen del pensamiento mediado y siempre está conectada con la externalización: el acto comunicativo de hacer visibles las conceptualizaciones que fueron internalizadas. Una vez que el individuo ha internalizado un aprendizaje es capaz de socializarlo mediante el uso del discurso privado.

Discurso privado

Como ya se ha descrito anteriormente, la interacción social es el génesis de la cognición individual y el discurso privado es el uso del lenguaje que es externalizado por un individuo como una herramienta semiótica social, apropiada dentro de contextos sociales para regular funciones mentales complejas como la memorización, evaluación y aprendizaje. El discurso privado no representa al pensamiento, sino que es un síntoma de él (Smith, 2007). Es menester mencionar que el discurso privado no está explícitamente dirigido hacia otra persona y es parte del proceso de autoguía, autorregulación de la conducta, planeación y monitoreo de habilidades. Numerosos estudios muestran una correlación positiva entre la aplicación del discurso privado y la

mejora en realizar una tarea determinada, así como que éste aumenta cuando aumentan las interacciones sociales (Gholami, Salehi, Azizi y Fazli, 2016).

En resumen, la zona de desarrollo próximo se entiende como una distancia entre lo que se es capaz de realizar con apoyo y lo que se debe lograr realizar con independencia, la mediación es un conjunto de herramientas cognitivas y metacognitivas que que permiten formar representaciones mentales del contacto indirecto entre el objeto y el sujeto, el andamiaje es el proceso para reducir para lograr cambiar la zona de desarrollo próximo, la internalización es el proceso de incorporación de los saberes adquiridos durante la socialización que posteriormente permiten la formación de esquemas mentales propios que pueden exteriorizarse mediante el discurso privado.

Para lograr un ambiente que permita el pleno desenvolvimiento de estos procesos se han propuesto diferentes métodos de enseñanza-aprendizaje, entre los que destacan el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr). Ambos tienen elementos comunes y por ello es frecuente que se confundan entre sí. A continuación se describen sus diferencias.

Diferencias entre el Aprendizaje Basado en Problemas y el Aprendizaje Basado en Proyectos

Para muchos, el ABPr es sinónimo del ABP puesto que ambos están centrados en el estudiante y ambos requieren de la organización de los estudiantes en pequeños grupos. Sin embargo, en el ABP se solicita a los educandos la solución a un problema abierto, mientras que en el ABPr, la solución a un problema está encuadrada y predominante orientada hacia la concreción de una tarea, que generalmente es definida por el profesor o tutor. En caso de que el profesor no defina la tarea, es él quien proporciona los parámetros y criterios para su evaluación (Jones y Monaco, sin fecha).

Por su parte, Mills y Treagust (2003) adicionan las siguientes diferencias:

- Los proyectos son cercanos a la realidad profesional y, por ende, toma mayor tiempo que los problemas planteados en el ABP,
- El trabajo por proyectos está más dirigido a la aplicación del conocimiento, mientras que el ABP se dirige más a la adquisición del conocimiento.
- El ABPr usualmente es multidisciplinario, mientras que el ABP, no.
- La administración del tiempo y recursos por los estudiantes, así como las tareas y la diferenciación de roles son muy importantes en el ABPr.

El ABPr se originó desde principios del siglo pasado con la premisa de “aprender haciendo” atribuida a John Dewey (Jummat, Tasir, Abd halim y Ashari, 2017) y es un modelo instruccional basado en la aproximación constructivista del aprendizaje que basa la construcción del conocimiento en múltiples perspectivas, dentro de una actividad social (Tamim y Grant, 2013).

Morgan (1983), Panasan y Nuangchalerm (2010) definen al ABPr como una actividad basada en preguntas o problemas desafiantes, en la cual los estudiantes desarrollan y comprenden un tema a través de algún grado de involucramiento en un problema real o simulado de la vida real, donde participan en el diseño, solución del problema, toma de decisiones o en las actividades de investigación. Dicho involucramiento hace uso tanto del aprendizaje vertical (acumulación de conocimientos sobre el tema estudiado), como del horizontal (desarrollo de habilidades genéricas) donde la calidad del aprendizaje se determina mediante la capacidad del estudiante de declarar sus conocimientos y no sólo en los procedimientos (Barron, Gott y Lesgold, citados en Helle, Tynjälä y Olkinuora, 2006). Para dicha actividad los estudiantes tienen algún grado de responsabilidad en el diseño de las actividades de aprendizaje. Adderley *et al* (citados en Helle et al, 2006),

Tamim y Grant (2013) y Thomas (2000) describen al método del ABPr con las siguientes características:

- Involucran la solución a un problema que generalmente (no siempre) es determinado por el estudiante,
- Requieren de la iniciativa y sentido de pertenencia del estudiante o grupo de estudiantes y necesitan de una variedad de actividades educativas, dentro de las que destaca la construcción de un artefacto concreto,
- El estudiante controla el proceso de aprendizaje el cual, comúnmente, da como resultado a un producto final,
- El trabajo, contextualizado, requiere de una considerable cantidad de tiempo,
- El profesor se involucra como asesor en la creación de múltiples formas de representación, en todas las etapas del proyecto,
- Requiere de la provisión de andamiajes, colaboración y oportunidades para la reflexión y,
- Los proyectos del ABPr deben ser centrales, no periféricos al currículum es decir, los proyectos deben ser el currículum.

Dadas las premisas anteriores es preciso mencionar que existen diferentes modalidades de proyectos. Morgan (1983) menciona que existen tres modelos de trabajo por proyectos, los cuales se diferencian por el grado de multidisciplinariedad, independencia de elección y de innovación que generan. La figura 12 sintetiza los tres modelos y se exponen con más detalle a continuación.

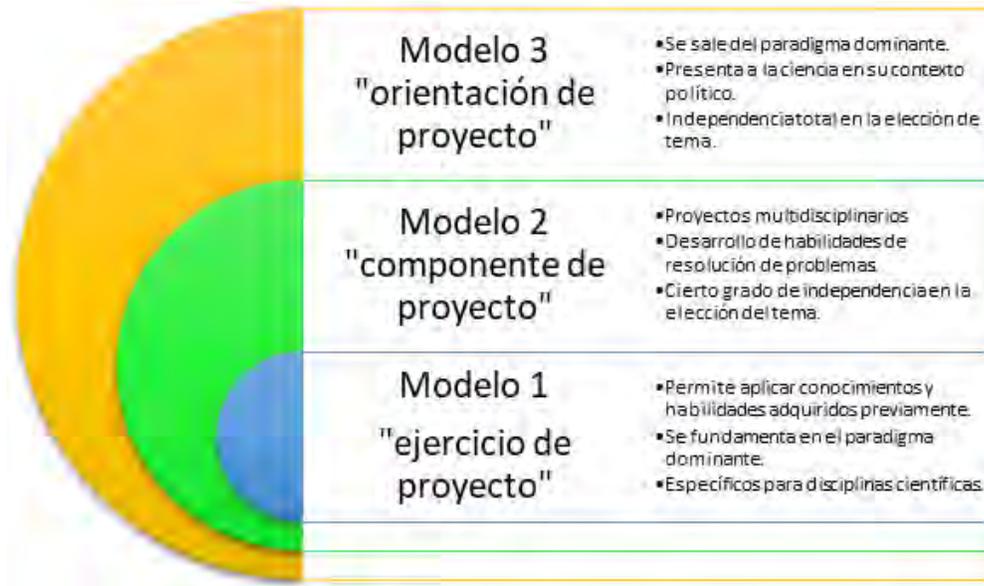


Fig. 12. Modelos de proyecto descritos por Morgan (1983) (elaboración propia)

Modelos de trabajo por proyectos según Morgan (1983)

Modelo 1. Ejercicio de proyecto

El objetivo del proyecto es que los estudiantes apliquen conocimientos y técnicas adquiridos previamente y que están fundamentados en un paradigma dominante, donde el estudiantado toma un rol de "investigador en entrenamiento". Este modelo es muy común en disciplinas científicas y se trabaja por medio de proyectos de fin de periodo escolar.

Modelo 2. Componente de proyecto

En este modelo los proyectos no están ligados a una disciplina particular, sino que presentan una naturaleza multidisciplinaria y tienen como objetivo el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y capacitar al estudiante para el trabajo independiente. Los estudiantes tienen mayor libertad en la elección del tema del proyecto.

Modelo 3. Orientación de proyecto

Presenta un contraste evidente con el modelo 1 debido a que proporciona una alternativa de trabajo fuera del paradigma *dominante* y el proyecto mismo es quien provee de un marco epistemológico. Este modelo es una vía para presentar a la ciencia inmersa en su contexto político y social.

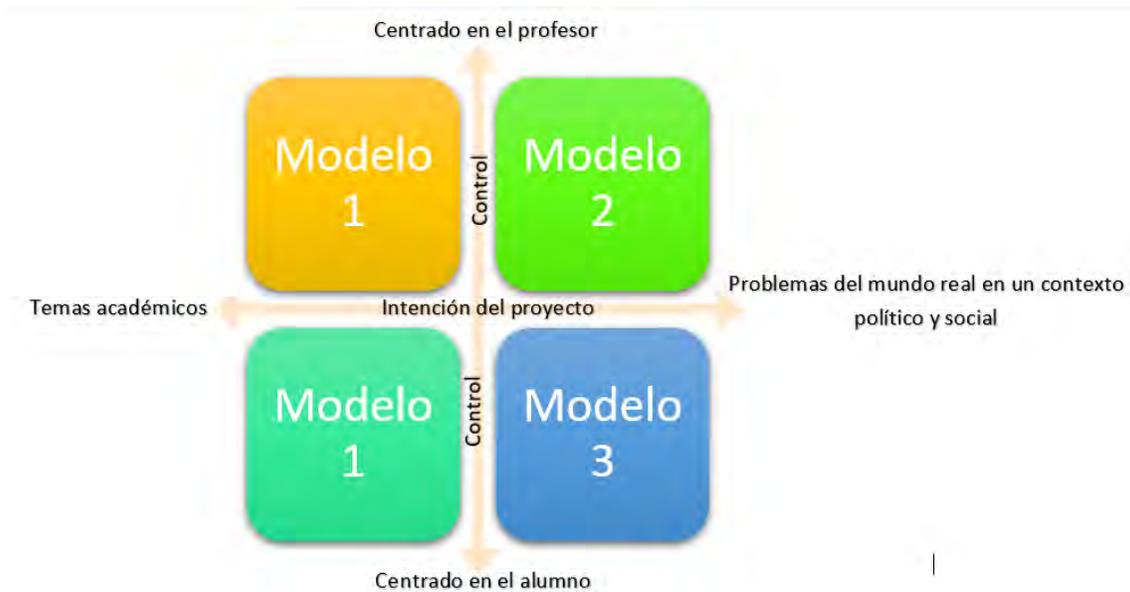


Fig. 13. Representación de las combinaciones entre la intención del proyecto y al actor de control. Modificada de Morgan (1983)

Los tres modelos pueden ubicarse dentro de un cuadrante en un esquema tipo plano cartesiano, en el cual el eje “x” representa la intención del proyecto (temas académicos o problemas del mundo real) y el eje “y” el control del proyecto (centrado en el profesor o en alumno). El modelo 1 se ubicaría en los cuadrantes “centrado en el profesor-temas académicos” y “centrado en el alumno-temas académicos”, el modelo 2 en el cuadrante “centrado en el profesor-problemas del mundo real en un contexto político y social” y el modelo 3 en el cuadrante “centrado en el alumno-problemas del mundo real en un contexto político y social” (fig. 13).

Desafíos de su implementación

Pese a los múltiples elementos positivos del ABPr, éste no está inmune a presentar desafíos para su implementación. Cuando los profesores eligen esta modalidad de trabajo en clase, se pueden enfrentar a ciertos desafíos entre los que destacan: trabajar bajo el cobijo del paradigma constructivista, adoptar nuevas estrategias instruccionales, el currículum y la elección de temas, la administración y diseño del proyecto, su evaluación y la naturaleza de colaboración (Tamim y Grant, 2013). Thomas (2000) plantea tres dilemas a los que se enfrentan los profesores cuando adoptan al ABPr:

- Determinar a qué dedicar más tiempo, si las investigaciones de los estudiantes o a cubrir el currículum establecido. Considerando que generalmente los proyectos toman más tiempo del esperado,
- Si las actividades deben diseñarse para que los alumnos busquen sus propias respuestas o deben ser controladas por el profesor para que los estudiantes lleguen a las mismas respuestas,
- Si los estudiantes deben tener la responsabilidad de guiar su propio aprendizaje o si debe ser el profesor quien tenga la responsabilidad de dirigir las actividades y diseminar la información en el salón,
- Lograr que los estudiantes desarrollen habilidades de colaboración efectiva, la cual requiere del intercambio de ideas y de negociaciones; hacer uso de la tecnología como una herramienta cognitiva y no meramente como una ayuda instruccional,
- Favorecer la construcción de los propios significados en el estudiantado y,
- Diseñar evaluaciones que permitan al estudiantado demostrar lo que sabe.

Los desafíos no son exclusivos por parte de los profesores, sino que también los alumnos pueden presentar dificultades para su plena implementación.

Desafíos por parte de los estudiantes

Las principales dificultades descritas por Thomas (2000) son las siguientes: dificultad en generar preguntas científicas significativas, administrar la complejidad de un proyecto y el tiempo, transformar datos y desarrollar argumentos lógicos que sustenten el proyecto, así como mantener la motivación por investigar, dificultades en el acceso a la tecnología necesaria para conducir la investigación, ausencia de conocimientos previos que den sentido a la investigación e incapacidad de trabajar bien por la carencia de habilidades sociales.

Por último y muy brevemente se describen algunos desafíos relacionados con el entorno escolar.

Desafíos relacionados con factores escolares

Edelson, Blumenfeld y Hertzog (citados en Thomas, 2000) describen a la organización fija de la escuela, los horarios inflexibles, tecnología incompatible, grupos numerosos y las directrices curriculares como restricciones que interfieren en la adopción y desempeño del aprendizaje basado en proyectos.

Una vez descritas las diferencias entre el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en proyectos, así como los modelos de proyectos definidos por Morgan y las dificultades que pueden presentarse durante el desarrollo de un proyecto, es momento de definir cuál es sustento teórico de analizar las interacciones entre los estudiantes cuando éstos exteriorizan las internalizaciones generadas después de lograr un aprendizaje determinado.

La actividad de los estudiantes como unidad de análisis

Desde el punto de vista didáctico, el análisis de las actividades de los estudiantes necesita considerar la situación, el conocimiento y procedimientos de los estudiantes necesarios para resolver una tarea, así como el producto esperado, ya sea oral o escrito. La “actividad” se entiende como una unidad de análisis que se enfoca en las acciones de los sujetos, considerando no sólo el conocimiento aprendido, sino también los procedimientos y las acciones realizadas por los sujetos para resolver un problema. Dichas acciones son consideradas procesos histórico-culturales determinadas por los sujetos y la situación que llevan a cabo, incluyendo las interacciones que presentan con otros sujetos (Haspekian y Roditi, 2017), las cuales no son posibles de estudiar individualmente ya que distorsionan el fenómeno. Asimismo, las variables de importancia para el estudio de la actividad son las relaciones, ya que el núcleo de la actividad es la interacción humana, debido a que el proceso fundacional por el cual la cognición se desarrolla, se adquieren las habilidades, se forman las relaciones, se establecen los objetivos y las actividades se llevan a cabo, son las interacciones (O’Donnell, Tharp y Wilson, 1993).

Estas relaciones hacen que una actividad sea vista como un sistema en el cual la estructura de la actividad no es una reacción en sí misma sino un sistema de interrelaciones entre las personas que fueron mediadas por el uso de instrumentos y artefactos (Verenikina y Gould, 1998).

Toda declaración es dialógica en forma, ya que cada una de ellas es una respuesta a una declaración previa y que a su vez ocasiona otra respuesta. Por ende, cada interpretación es una respuesta a una previa (O’Donnell et al., 1993). Asimismo, Vygotsky (citado en Haspekian y Roditi, 2017) creía que las funciones psicológicas más elevadas del ser humano, las conscientes, son construidas a través de la comunicación y la interrelación

entre los sujetos con el mundo objetivo pero dicha conciencia no se construye mediante relaciones directas con el mundo, sino de las relaciones entre humanos y objetos mediadas por artefactos.

De acuerdo con las líneas anteriores, es posible evaluar las internalizaciones de los estudiantes mediante el análisis de la actividad de verbalización, cuando ésta es solicitada. Una vez expuesta esta premisa y los postulados teóricos desarrollados a lo largo del capítulo, es momento de conocer qué estudios han realizado otros maestrantes de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) previamente, en materia de la enseñanza del metabolismo celular.

Estudios previos

Anaya-Soto, 2006 y Ortiz-Antonio, 2010, por citar a algunos, ofrecieron propuestas de enseñanza del metabolismo celular con un enfoque exclusivamente teórico y abarcando todos los temas relacionados con el plan de estudios de la institución de bachillerato donde pusieron a prueba sus propuestas. Del mismo modo, su metodología se basó principalmente en cuantificar el porcentaje de éxito en cada pregunta de sus instrumentos de medición, así como comparar el pre y post test para determinar si hubo diferencias significativas entre ambos instrumentos.

La estrategia de Castellán-Sánchez (2011) para la enseñanza del tema consistió en realizar una serie de experimentos como la observación indirecta de la liberación de oxígeno durante la germinación de semillas de frijol y la ejemplificación de la fermentación a través de la elaboración de yogurt. Al igual que los dos maestrantes anteriores, empleó el análisis del pre y post test para sustentar sus resultados.

El autor de este trabajo presenta una propuesta en la que se hace uso del modelo uno de Morgan para el aprendizaje basado en proyectos, el cual permite el involucramiento de los educandos en su aprendizaje, así como que éstos apliquen y vinculen los conocimientos adquiridos en la elaboración y presentación de una infografía. También hace uso del análisis del pre y post test, pero complementados con un análisis de interacciones entre estudiantes y del uso de una rúbrica para evaluar las infografías de los estudiantes. Dichos métodos para la recopilación de datos se describen en el capítulo siguiente.

Capítulo 4. Método

“La historia siguió trayectorias distintas para diferentes pueblos debido a las diferencias existentes en el entorno de los pueblos, no debido a diferencias biológicas entre los pueblos”.

Jared Diamond.

De acuerdo con Hernández-Sampieri (2014), un estudio descriptivo es aquel que especifica las propiedades, características y los perfiles del fenómeno que se somete a análisis. Puesto que este proyecto de tesis tiene el objetivo de proporcionar descriptores que permitan comparar el aprendizaje de los alumnos del tema de metabolismo celular mediante su participación en una práctica experimental presencial y no presencial, cae en esta característica. Los descriptores generados fueron:

- El cumplimiento de elementos clave de trabajo colaborativo (interdependencia positiva, responsabilidad individual, interacción cara a cara, habilidades cooperativas y procesamiento en equipo) durante los grupos de discusión,
- La característica de la pregunta desarrollada en la infografía (relacionada con lo visto en clases previas o en la sesión de laboratorio) por cada equipo de los grupos de discusión y,
- Un indicador global de la rúbrica de evaluación para la infografía realizada por los alumnos que participaron en los grupos de discusión.

El estudio también es correlacional porque mide variables para cuantificarlas, analizarlas y establecer vinculaciones para poner hipótesis a prueba. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Las medias del pretest y del post test (en adelante pre-postest) entre grupos (control, experimental con laboratorio presencial y experimental con laboratorio no presencial). Entiéndase por grupo experimental con laboratorio presencial a una situación didáctica en la que los educandos manipulan físicamente reactivos e instrumental en un ambiente

situado, mientras que el grupo experimental con laboratorio no presencial es aquel que no manipula los reactivos e instrumental físicamente, sino que interaccionan con ellos mediante la observación de un video generado durante el trabajo experimental presencial y,

- Las interacciones por participante por minuto en los grupos de discusión generados con los estudiantes de alto y bajo desempeño en el pre-postest que participaron en el laboratorio presencial y no presencial.

Es un trabajo de campoexperimental al efectuarse en una situación realista en la que no se tiene control absoluto de todas las variables involucradas, en la que se aproximó a los estudiantes a una situación de aprendizaje acompañada de sesiones de laboratorio presencial y no presencial, comparándose el desempeño de éstos con otro grupo de estudiantes que no presenciaron dicho acompañamiento.

Muestreo

La unidad de muestreo en el grupo control estuvo constituida por 32 estudiantes y en el grupo experimental por los 51 estudiantes con los que se llevó a cabo la intervención didáctica, aunque la muestra en sí fueron 7 estudiantes que participaron en la sesión de laboratorio presencial y 11 en la sesión de laboratorio no presencial; la selección de éstos fue de manera probabilística. Con base en la muestra se seleccionó no probabilísticamente a los alumnos que participaron en los grupos de discusión, de acuerdo con su desempeño en el pre-postest como se ilustra en la figura 14:

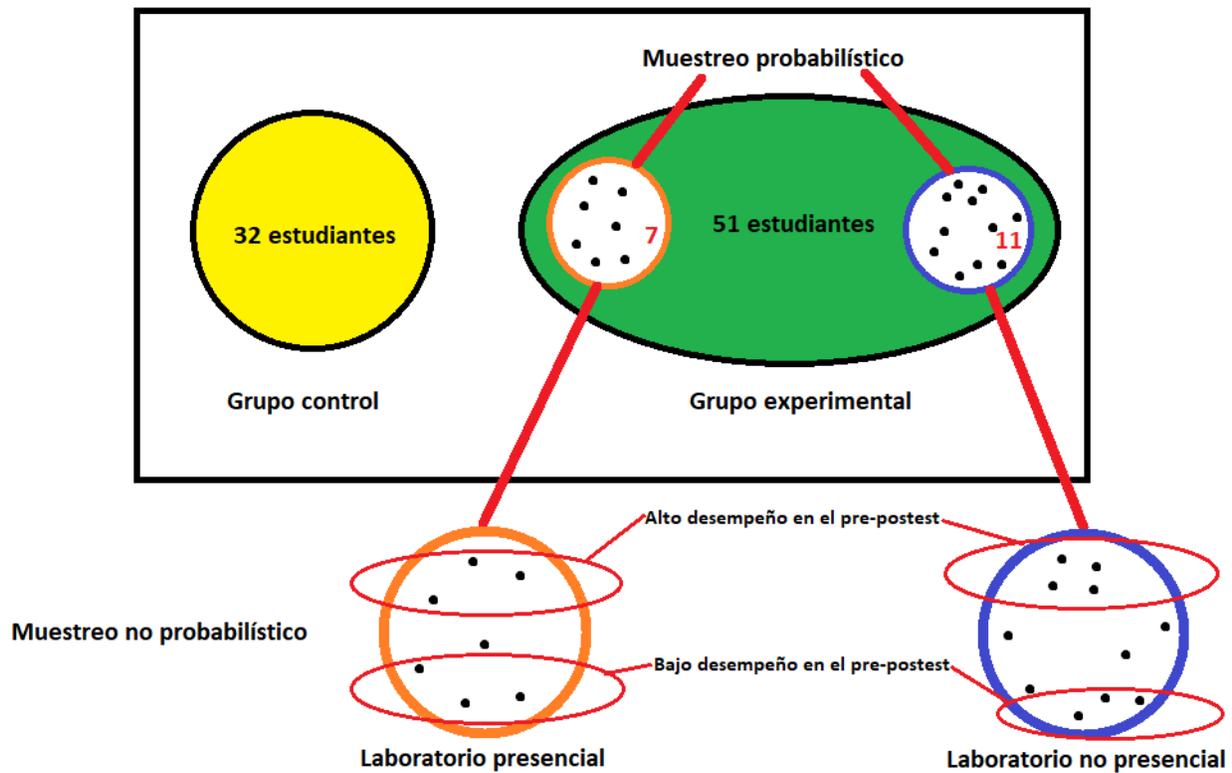


Fig. 14. Muestreo probabilístico y no probabilístico de alumnos (elaboración propia)

Pretest y postest

La recolección de datos para comparar las medias entre el pre-postest se efectuó mediante un cuestionario de elaboración propia con 36 reactivos de respuesta estructurada (donde el alumno no tiene que redactar una respuesta) cómo: opción múltiple, verdadero/falso, relación de columnas, jerarquización y de completar con la palabra faltante o interpretación de un gráfico (García, 2003). Los reactivos se basaron en contenidos abordados durante las sesiones teóricas, así como en las sesiones de laboratorio (tanto presencial como no presencial) Anexo 1.

Pasadas seis semanas de la sesión de laboratorio (presencial o no presencial) se llevó a cabo la aplicación del postest.

Contabilización de las interacciones por participante por minuto durante los grupos de discusión

Con base en el desempeño de los estudiantes (el desempeño se refiere a la diferencia resultante de la resta del puntaje obtenido en el postest menos el obtenido en el pretest), se seleccionó a los estudiantes con el mejor y con el peor desempeño según el tipo de sesión de laboratorio experimentada (presencial o no presencial) y con éstos se formaron grupos de discusión en los que se solicitó a los participantes que enunciaran y relacionaran (libremente, sin mediación del profesor) diez conceptos abordados durante las sesiones teóricas y la experimental.

En total se formaron cuatro grupos de discusión: el primero compuesto por cuatro integrantes que tuvieron el más alto desempeño en el pre-postest y que participaron en la sesión de laboratorio no presencial, el segundo se compuso por los tres estudiantes con el desempeño más bajo en el pre-postest y que también participaron en la sesión de laboratorio no presencial. El tercero se conformó por los tres estudiantes participantes de la sesión de laboratorio presencial con el más alto desempeño en el pre-postest. El último grupo también se compuso por participantes de la sesión presencial de laboratorio, pero con el desempeño más bajo en el pre-postest.

Un grupo de discusión se fundamenta en una entrevista, la cual se basa en la premisa de que la conversación es un modo básico de interacción humana, en la que se plantean preguntas y se responde a las mismas. Mediante las conversaciones se conoce a otras personas, sus experiencias, sentimientos e inclusive sus esperanzas (Kvale, 2011). Sin embargo, lo que diferencia al grupo de discusión de ésta es que, mientras la entrevista es unidireccional (entrevistador-entrevistado), el grupo de discusión es multidireccional, pues la interacción es entrevistador-entrevistado y entre entrevistados (Barbour, 2013).

La entrevista fue de tipo abierto con una pregunta única detonadora: la solicitud del profesor a los alumnos reunidos de los diez conceptos más importantes de las sesiones teóricas y de laboratorio y la relación entre éstos. Se entrevistó a cuatro equipos de educandos: dos equipos participantes del trabajo de laboratorio presencial en y dos no presenciales, tal cómo se mencionó en párrafos anteriores.

Los grupos de discusión se realizaron en tiempo extraclase. Se explicitó a los alumnos que el contenido de las filmaciones se utilizaría exclusivamente para los fines de esta tesis y que sus nombres se mantendrían en el anonimato. Una vez reunidos los educandos, se les indicó que debían hablar de uno en uno y consecuentemente con lo que había dicho el integrante que hablo con anterioridad con la finalidad de que hubiera seguimiento en el discurso elaborado.

El análisis de los flujos de información generados entre los participantes durante los grupos de discusión se realizó como se señala en Schrire (2006). Para medir las interacciones por participante por minuto durante los grupos de discusión se observaron los videos generados de éstos, identificando los emisores y receptores de los mensajes interaccionales. Si el mensaje era específicamente emitido para un receptor particular, la interacción se contabilizó como única de tipo $A \rightarrow B$. En caso de no emitirse para un receptor particular se contabilizó hacía todos los posibles receptores como $A \rightarrow B$, $A \rightarrow C$, $A \rightarrow D$. Los mensajes emitidos hacia el moderador para solicitar indicaciones, orientaciones o para señalar el término de la discusión, así como la emisión del moderador hacia los integrantes del grupo de discusión para dar indicaciones u orientaciones no fueron contabilizadas. El número de interacciones de cada integrante se dividió entre el número de minutos que duró la interacción: dicha operación permitió obtener el número de interacciones por minuto con los que se realizó la estadística correspondiente.

Elementos clave de trabajo colaborativo

El cumplimiento de elementos clave de trabajo colaborativo (interdependencia positiva, responsabilidad individual, interacción cara a cara, habilidades cooperativas y procesamiento en equipo) durante los grupos de discusión mencionados en Cabrera (2014) se apreció tanto durante la interacción de los estudiantes *in vivo* como mediante la observación de los videos generados en los mismos.

Elaboración de infografías por los alumnos que participaron en los grupos de discusión

Los alumnos elaboraron una infografía en la que por equipo (con los mismos integrantes del grupo de discusión) realizaron una revisión bibliográfica sobre los temas estudiados y vincularon lo visto en las sesiones para responder una pregunta de su interés. La infografía permite que los estudiantes planifiquen su propio aprendizaje, identifiquen sus propias fortalezas y debilidades, áreas de oportunidad, así como el desarrollo de habilidades personales y metacognitivas transferibles (Chávez y Morales, 2019).

Las características de las preguntas desarrolladas en las infografías por cada equipo de los grupos de discusión y el indicador global de la rúbrica de evaluación para la infografía realizada por los alumnos que participaron en los grupos de discusión se apreciaron con el instrumento desarrollado por el autor de este trabajo de tesis (Anexo 2). La rúbrica de evaluación empleada fue de tipo analítica (Gatica-Lara y Uribarren-Berrueta, 2012)

Sesión de laboratorio presencial

El trabajo de laboratorio se estructuró de la siguiente manera: con una de las ratas se explicó en plenaria cómo manipular a la rata, sacrificarla sin estresarla mediante “cámara

de gas” con isofluorano al 100%, su posterior disección y extracción de hígado y músculo. Se tuvo un grupo de dos ratas control a las cuales no se les privó de alimento y dos grupos de ratas experimentales (de dos ratas cada uno): al primero se sometió a un ayuno de 24 horas y al segundo de 48 horas días. A los tres grupos de ratas se les extrajo el hígado y parte del músculo de la pierna para comparar cualitativamente los niveles de glucógeno presente en el control y en los diferentes tratamientos. El protocolo detallado se encuentra en el Anexo 3. De esta sesión se obtuvo un video editado el cual fue proyectado y discutido con los alumnos de la sesión experimental no presencial.

Una vez realizadas las actividades antes mencionadas en los grupos experimentales con laboratorio presencial y no presencial, se procedió al análisis de los resultados, la identificación de fortalezas y debilidades de la estrategia y la realimentación de ésta.

Desarrollo de la estrategia didáctica

Para implementar la estrategia didáctica que se propone esta tesis, se asumió que los estudiantes participantes (51) ya contaban con las bases elementales teóricas del metabolismo celular. En tanto, para abordar los temas de glucogénesis y glucogenólisis como integradores del metabolismo celular se llevaron a cabo tres sesiones teóricas en el aula de clase. De los 51 alumnos, siete participaron en una sesión de trabajo experimental presencial y con otros once alumnos, dos sesiones de observación de videos de lo realizado en el laboratorio presencialmente de acuerdo con las características de muestreo mencionadas anteriormente. Finalmente se realizó una sesión para la presentación de las infografías elaboradas por los alumnos, así como la evaluación de éstas. Las infografías utilizadas en los resultados y discusión se encuentran en el Anexo 6.

Sesiones teóricas

En el Anexo 4 se muestra el material didáctico para dar a conocer a los alumnos los contenidos teóricos para lograr los objetivos de la estrategia didáctica y en el Anexo 5 la planeación de la secuencia didáctica seguida.

Dicho material se organizó de la siguiente manera:

Apertura. Presenta a los estudiantes los objetivos de aprendizaje de la sesión y, en su caso, retoma conceptos vistos en sesiones anteriores o se revisan actividades extraclase realizadas por los alumnos.

Desarrollo. Corresponde a la parte medular de cada una de las sesiones de trabajo. Presenta a los alumnos la información teórica necesaria para lograr el objetivo de la estrategia didáctica planteada; dicha información viene acompañada de actividades colaborativas para la discusión y apropiación de la información presentada. Cabe mencionar que el contenido se presenta inmerso en ejemplos cotidianos para los estudiantes, lo cual permite que el aprendizaje se efectúe en un ambiente situado.

Cierre. En éste los alumnos identifican los conceptos abordados durante la sesión y los integran en un mapa mental. Éstos se van entrelazando con los realizados en sesiones previas con la finalidad de que el educando integre la información presentada. Esta sección también incluye un recuadro para la elaboración de la bitácora COL, en la cual el estudiante reconoce sus sentimientos ante la clase (afectividad), lo que aprendieron (cognición) y lo que hicieron para aprender (metacognición) (Gómez y Flores, 2009).

Examen a casa. En algunas sesiones los alumnos deberán investigar en horario extraclase sobre algunos contenidos vinculados con los vistos en clase y que también se integrarán a la infografía que realizarán al término de la intervención didáctica.

En la primera sesión se abordó la interpretación de curvas de tolerancia a la glucosa, comparando la de un individuo sano con la de uno propenso a desarrollar diabetes; los

cálculos para conocer la concentración de soluto en una disolución porcentual; el papel de GLUT como un receptor dinámico que permite el ingreso de la glucosa al citoplasma celular y el papel de la insulina y el glucagon en la regulación de los niveles de glucosa sanguínea.

La siguiente permitió abordar la distinción entre anabolismo y catabolismo, así como la glucogénesis y glucogenólisis como ejemplo ilustrador -con sus enzimas y hormonas mediadoras- y el papel del músculo y del hígado en dichos procesos. Como “examen a casa” se solicitó la investigación de las generalidades del ciclo de Cahill y de Cori para asociarlos a procesos gluconeogénicos.

Durante la tercera sesión se compararon las similitudes y diferencias de los ciclos investigados en el examen a casa, se hizo una generalización metabólica para identificar en qué sección del mapa metabólico se asocian los procesos estudiados en la sesión anterior, así como una breve asociación metabólica-morfofisiológica de dichos procesos con los órganos vinculantes (hígado, músculo, páncreas, sistema porta-hepático e intestino delgado).

Sesión de laboratorio presencial

En la penúltima sesión se convocó a los estudiantes a participar en un trabajo experimental con ratas para extraer y comparar la cantidad de glucógeno hepático y de músculo en roedores sin ayuno y con ayuno de 24 y 48 horas. De todos los interesados, fueron seleccionados siete estudiantes al azar. En la práctica, los estudiantes aprendieron a sacrificar a los animales con isofluorano (el cual no infringe estrés alguno en el animal), diseccionar y apreciar estructuras anatómicas, extraer el hígado y parte del músculo de las extremidades inferiores para posteriormente homogenizarlos, extraer el glucógeno y lisarlo para posteriormente apreciar cualitativamente (con reactivo de Benedict) la presencia o ausencia de glucosa de los tejidos extraídos. Finalmente se

discutieron los resultados y se hizo una explicación detallada de las disoluciones empleadas en el protocolo experimental.

Para evitar que el tiempo fuera una limitante en la realización del trabajo de laboratorio, la sesión se realizó en horario extra-clase (de 2 a 9 pm) en las instalaciones del laboratorio LACE.

Sesión de laboratorio no presencial

La sesión presencial se filmó, se editó y se presentó a otros once estudiantes del grupo quienes también observaron un segundo video en el que se mostró la discusión de los resultados y la explicación del uso de las disoluciones empleadas.

Feria de las Ciencias

La última sesión comprendió una Feria de las Ciencias en la que los educandos presentaron las infografías (Anexo 6) donde abordaron la respuesta de una duda o inquietud relacionada con el metabolismo celular.

Momentos de evaluación

La evaluación diagnóstica correspondió al pretest. La evaluación formativa se llevó a cabo con la resolución de las actividades contenidas en la sección de desarrollo y de los exámenes a casa del material didáctico elaborado para las sesiones teóricas.

Por su parte, la evaluación sumativa comprendió de una evaluación crítica (la rúbrica con la que se evaluó la infografía) y otra de tipo objetiva (los reactivos del postest). Cabe mencionar que los reactivos del postest fueron los mismos que en el pretest, pero estructurados de manera diferente para evitar que los alumnos los respondieran por memorización y no porque realmente conocieran la respuesta de éstos.

Procesamiento de los datos

El pre y el postest permitieron determinar diferencias cuantitativas en el aprendizaje del contenido que les fue mediado y por su parte la rúbrica permitió observar la vinculación que dan los alumnos a los conocimientos presentes con su vida cotidiana, así como dar una referencia al educando sobre lo que se espera de su desempeño. Sin embargo, ambos instrumentos no permiten comprender cómo éstos recuperan la información aprendida y la socializan entre sí libremente sin la mediación del profesor. Dicha carencia se cubrió por medio de la implementación de grupos de discusión.

Comparación de los resultados del pretest y el postest

El pre y el postest son instrumentos de evaluación de opción múltiple que pueden someterse a pruebas estadísticas para determinar si hay diferencias significativas en el estado de aprendizaje de los estudiantes. Las hipótesis por probar son las siguientes:

Ho. La estrategia no permite un mayor aprendizaje ($p > 0.05$)

Ha. La estrategia sí permite un mayor aprendizaje ($p \leq 0.05$)

La prueba estadística que se empleará para probar dichas hipótesis es la “t” de Student pareada la cual, de acuerdo con Sánchez (2015), se emplea para comparar muestras (pre y postest de alumnos del grupo control, experimental con laboratorio presencial y experimental con laboratorio no presencial) con la finalidad de establecer si hay diferencias en las medias de las muestras comparadas y que éstas no se deben al azar (rechazar la Ho). Cabe destacar que al menos una de las muestras debe tener distribución normal y que la razón de la varianza más grande a la más pequeña sea < 2 . La “t” de Student es igual al cociente de la diferencia de medias entre el error estándar de la diferencia de medias. Se descarta la Ho al demostrar que existe diferencia significativa entre las medias de las muestras al consultar una tabla de “t” de Student con

grado de libertad n_1+n_2-2 para luego calcular el valor de “p”. El estadístico se efectuó en la plataforma R.

ANOVA

Con base en la diferencia de las medias en el post y el pretest (desempeño) entre los grupos experimentales con el grupo control, se realizó una prueba de ANOVA de un factor para determinar la diferencia estadística entre éstos. La hipótesis de investigación propone que los grupos difieren significativamente entre sí y la hipótesis nula que éstos no difieren significativamente. Se interpretó con base en el valor F (Hernández, 2014). El análisis se efectuó en la plataforma R.

Estadístico Shapiro-Wilk

Puesto que el ANOVA es un estadístico paramétrico y por ende, tiene como premisa la normalidad de los datos, se procedió a comprobar que los datos obtenidos en los grupos control y los experimentales (laboratorio presencial y no presencial). La condición para realizar el estadístico es que el tamaño de muestra sea igual o menor a 50, la cual se cumplió en los tres grupos. La hipótesis nula indica que los datos proceden de una distribución que no es estadísticamente diferente de una normal (Segnini, sin fecha). El análisis se efectuó en la plataforma R.

Prueba de Bartlett

El segundo supuesto para realizar un ANOVA es el de igualdad de varianzas. Para comprobarlo, en R se comprobó la homocedasticidad entre los pretests y los postests de los grupos a comparar, así como entre las diferencias pretest-postest. Si el estadístico p era superior a 0.05, se asumió igualdad de varianzas entre los grupos (Correa, Iral y Rojas, 2006).

Prueba de Kruskal Wallis

Puesto que el criterio de selección de los alumnos que participaron en los grupos de discusión no fue probabilístico ni paramétrico, se procedió a analizar las diferencias en las interacciones entre grupos mediante la prueba de Kruskal Wallis, la cual es un equivalente no paramétrico de la prueba de ANOVA para datos no pareados, en el que cada grupo de alumnos se consideró independiente (cuatro en total). Esta prueba compara las medianas y no asume distribución normal de los datos (Amat, 2016).

Objetivo general

Desarrollar, implementar y evaluar el proceso de aprendizaje del tema de metabolismo celular por medio de una estrategia didáctica que haga uso de la actividad experimental presencial y no presencial.

Objetivos específicos

Facilitar el aprendizaje de la glucogénesis y la glucogenólisis como ejemplificadores del catabolismo y anabolismo con base en una actividad experimental presencial y en la observación un video generado de dicha actividad presencial.

Relacionar el metabolismo con aspectos cotidianos de la vida, como el ayuno prolongado.

Plantear una pregunta que vincule el tema de metabolismo celular con la vida cotidiana, resolverla mediante la búsqueda de información y relacionarla con la información adquirida en las sesiones de la intervención didáctica.

Elaborar y exponer una infografía en la que se explique la respuesta de la pregunta planteada.

Comparar cuantitativamente y cualitativamente el aprendizaje de los alumnos que participen en la sesión experimental presencial y quienes presencien la actividad experimental a través del video generado de ésta, así como con quienes aprendan el tema sin la mediación de la estrategia didáctica.

Hipótesis general

Si las sesiones teóricas de clase se complementan con una de trabajo experimental, mejorará el aprendizaje del tema de metabolismo celular, en comparación con grupos en los cuales se presenta el tema de manera exclusivamente teórica.

Sujetos de estudio

Se trabajó con alumnos de dos grupos de sexto año de la ENP plantel 7 (La Viga) durante el ciclo escolar 2017-2018 para llevar a cabo la estrategia planteada en el objetivo general a los cuales se les guio en el aprendizaje de los temas de glucogénesis y glucogenólisis como ejemplificadores del acoplamiento entre catabolismo y anabolismo (impartidos en la asignatura de Biología V). Un grupo no participó en la sesión experimental y en el otro participaron en una sesión experimental presencial y no presencial de acuerdo con las características citadas en líneas anteriores.

Una vez descrito el método empleado para la recolección, procesamiento y discusión de los resultados se procede a la presentación de los mismos.

Capítulo 5. Resultados y discusión

“La verdadera dirección del desarrollo del pensamiento no es de lo individual a lo social, sino de lo social a lo individual”

Lev Vygotsky

Descripción de los grupos control y experimental

Se estudió a dos grupos de sexto año del área propedéutica de las ciencias biológicas y de la salud del plantel 7 (La Viga) de la Escuela Nacional Preparatoria (turno matutino). El grupo control estuvo compuesto por 32 alumnos: 25 mujeres y siete hombres y del grupo experimental (conformado por 51 alumnos) se seleccionó al azar a 7 alumnos (cuatro mujeres y tres hombres) que participaron en una sesión de trabajo experimental presencial y a 11 (siete mujeres y cuatro hombres) que realizaron el trabajo experimental no presencial (mediante la observación dos videos explicativos: uno editado que mostró lo realizado en la sesión experimental y otro en el que se explicó detalladamente los procedimientos de dicha sesión). Tanto la participación en la sesión experimental presencial como la no presencial fue voluntaria.

Valoración cuantitativa del desempeño de los estudiantes

Para valorar cuantitativamente el desempeño de los estudiantes, a éstos se les aplicó un pre y un postest. El pretest se realizó antes de la intervención didáctica y el postest -en el grupo control- se aplicó una semana después de que el profesor titular terminó de abordar los contenidos correspondientes al metabolismo celular y en el experimental seis semanas después de haber finalizado la intervención didáctica. El desempeño obtenido en ambos instrumentos se resume en la tabla 1, la cual muestra que la mayor diferencia en el desempeño entre tests se presentó con los alumnos que presenciaron las sesiones

de video (15%), luego le siguen los que participaron en la sesión experimental (12%) y finalmente los alumnos del grupo control, con una ínfima diferencia del 3%.

Tabla 1. Resumen del desempeño de los alumnos de acuerdo con grupo que pertenecen

Grupo	N	Pretest (media %)	Postest (media %)	Diferencia (porcentual)
Control	32	37±8	40±9	3
Sesión experimental presencial	7	44±9	56±14	12
Sesiones experimentales no presenciales	11	33±7	48±16	15

Para realizar las pruebas de hipótesis y de contraste entre grupos se constató que los resultados observados tanto el pre como en el postest de los tres grupos cumplieran con las condiciones de normalidad y homocedasticidad. Para ello se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk (W) y la de Bartlett, para probar las respectivas condiciones. Los instrumentos en los tres grupos cumplieron con ambas características (estadísticos W superiores a 0.88 y con valores de p mayores a 0.05 tanto en el estadístico W como en el de Bartlett) como se muestra en la tabla 2:

Para evaluar el desempeño de los grupos, se realizaron pruebas de “t” de Student pareadas con los puntajes obtenidos del pre y postest en cada uno de estos. Los resultados se muestran en la tabla 3, en la cual se aprecia que sólo en los alumnos que participaron en las sesiones de video hubo un cambio estadísticamente significativo ($p=0.02$) entre los puntajes del pre y del postest. Dicho resultado se complementa con el hecho de que, al comparar mediante una ANOVA los puntajes de los pretest de los tres grupos, los alumnos que participaron en las sesiones de video iniciaron en desventaja (tabla 4) si su desempeño se compara con los alumnos que participaron en la sesión

experimental y, aún así, fueron los que mayor diferencia porcentual presentaron (15%) entre instrumentos, tal como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 2. Verificación de las condiciones de normalidad y heterocedasticidad

Grupos	Normalidad		Grados de libertad
	Pretest	Postest	
Control	W=0.96; p=0.3	W=0.97; p=0.53	31
Sesión experimental	W=0.93; p=0.58	W=0.9; p=0.35	6
Sesiones de video	W=0.94; p=0.53	W=0.88; p=0.10	10
Homocedasticidad	p=0.71	p=0.06	2

Tabla 3. Diferencias entre el pre y postest dentro de los grupos

(t de Student pareada)

Grupos	Estadístico t	Valor p
Control	1.34	0.19
Laboratorio presencial	1.79	0.12
Laboratorio no presencial	2.82	0.02

Tabla 4. Diferencias entre los pretest de los tres grupos (ANOVA)

Instrumento: Pretest		
Estadístico F	Valor p	
4.51	0.02**	
Pruebas post-hoc		
Prueba	Valor p	Diferencia
Tukey	0.01	Sesión experimental vs Sesiones de video
Scheffé	0.01	Sesión experimental vs Sesiones de video
Bonferroni	0.01	Sesión experimental vs Sesiones de video

Lo recientemente comentado contrasta con el hecho de que los alumnos que participaron en la sesión experimental fueron los que obtuvieron puntajes estadísticamente superiores (tabla 6) si se les compara con los obtenidos con el grupo control. Sin embargo, como desde el inicio de la intervención didáctica fueron los que presentaron mayores puntajes, la diferencia entre pre y postest no alcanza a ser significativamente diferente.

También destaca el hecho de que, si se considera un enfoque de aprobación/reprobación del pre y postest (entiéndase por aprobación obtener una calificación superior a 60/100) los alumnos que participaron en la sesión de laboratorio presencial tienen un mejor desempeño (43% de aprobación en el postest) comparándolos con el grupo control (0% de aprobación en el postest) o con los estudiantes que tuvieron laboratorio no presencial (27% de aprobación) (tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de aprobación del pre y postest entre los grupos

Grupo	% de aprobación	
	Pretest	Postest
Control	0	0
Experimental con laboratorio no presencial	0	27
Experimental con laboratorio presencial	0	43

El resultado de las pruebas de “t” de Student pareadas (tabla 3) se complementa con el ANOVA realizado con las diferencias de puntajes (postest - pretest) obtenidos por los alumnos de los tres grupos comparados (tabla 7). Dicho ANOVA indica que sólo el grupo que participó en las sesiones de laboratorio no presenciales presentó diferencias significativas con relación al grupo control, mientras que los alumnos que participaron en la sesión experimental no se diferencian de los alumnos del grupo control.

Resumiendo lo que hasta aquí se ha expuesto, aparentemente las sesiones de laboratorio no presencial resultaron ser más eficaces que la participación en la sesión de laboratorio presencial, en comparación con el grupo control. Dichos resultados son concordantes con los encontrados en la literatura por ejemplo, Hodson (citado en Jokiranta, 2014) argumenta que el único campo donde el trabajo [experimental] práctico parece ser un buen método es para el desarrollo de habilidades de laboratorio, donde el método no pretende enseñar contenidos conceptuales. También, muy pocos estudios han encontrado que el trabajo práctico mejora la comprensión del conocimiento científico en exámenes escritos (como el pre y postest realizados), y otros trabajos que indican que el trabajo experimental no es efectivo como una herramienta para promover el aprendizaje de conceptos teóricos (Abrahams, Hodson, Millar et al y Wellington, citados en Jokiranta, 2014).

Sólo un estudio generado por la Oficina Nacional de Educación Finlandesa (FNBE) (citada en Jokiranta, 2014) indica que el trabajo práctico es el más fuerte contribuyente en el desarrollo cognitivo del conocimiento científico. En el siguiente apartado se profundizará esta idea.

Tabla 6. Diferencias entre los postest de los tres grupos (ANOVA)

Instrumento: Postest		
Estadístico F	Valor p	
6.14	0.004***	
Pruebas post-hoc		
Prueba	Valor p	Diferencia
Tukey	0.006	Control vs Sesión experimental
Scheffé	0.009	Control vs Sesión experimental
Bonferroni	0.006	Control vs Sesión experimental

Tabla 7. ANOVA de las diferencias postest-pretest

(desempeño entre instrumentos)

Diferencia de puntajes		
Estadístico F	Valor p	
3.91	0.03**	
Pruebas post-hoc		
Prueba	Valor p	Diferencia
Tukey	0.03	Control vs Sesiones de video
Scheffé	0.04	Control vs Sesiones de video
Bonferroni	0.04	Control vs Sesiones de video

Valoración cualitativa del desempeño de los estudiantes

Lo citado por la FNBE es concordante con los resultados generados en los grupos de discusión que se describirán en el siguiente párrafo, donde se contabilizaron las interacciones que presentaron los participantes de esto presencial. El criterio de selección fue: alumnos que participaron en la sesión experimental presencial con las diferencias más altas entre tests y los alumnos con las diferencias más bajas o negativas. El mismo criterio se aplicó para los alumnos de la sesión experimental no presencial.

La figura 15 muestra las interacciones entre tres alumnos (dos hombres y una mujer) que participaron en la sesión experimental presencial con diferencias altas entre tests (5, 24 y 39%). Las interacciones entre el participante 1 y 2 correspondieron al 35% del total, entre el participante 1 y 3 el 22% y el resto, el 43%, entre el participante 2 y 3. La interacción entre ellos duró 16 minutos y en ellos lograron enunciar y relacionar los 10 conceptos solicitados con facilidad.

La figura 16 muestra las interacciones de los alumnos (dos mujeres y un hombre) que también participaron en la sesión experimental presencial pero que presentaron diferencias bajas y negativas entre los tests (-13, 0 y 5%). Las interacciones entre el participante 1 y 2 correspondieron al 30% del total, entre el participante 1 y 3 el 37% y

entre el participante 2 y 3, 33%. En su caso, interactuaron entre ellos 11 minutos y también lograron enunciar y relacionar los diez conceptos solicitados. En ambos grupos de discusión no se apreciaron alumnos dominantes.

Por su parte, la figura 17 muestra las interacciones observadas en el grupo de discusión con los alumnos (dos mujeres y dos hombres) de mejor desempeño entre tests y que participaron en las sesiones de laboratorio no presencial. Las diferencias entre tests de éstos fue del 8, 32, 42 y 47%. Con relación a los porcentajes de interacción, ésta fue del 10% entre el participante 1 y 2, del 9% entre el 1 y 3, de los integrantes 1 y 4 del 23%, el 2 y 3 12%, del 2 y 4, 28% y del 3 y 4, 18%. La interacción de éstos fue de 16 minutos y lograron enunciar y relacionar los diez conceptos solicitados, con dominancia del participante 4.

Para el grupo de discusión con los tres alumnos (dos mujeres y un hombre) que presentaron diferencias bajas o negativas entre tests (-5, -5 y 3%) y que participaron en las sesiones de laboratorio no presencial (fig. 18) los porcentajes de interacción fueron los siguientes: 42% entre el participante 1 y 2, 26% entre los 1 y 3 y 33% entre los participantes 2 y 3, con dominancia del participante 1. La interacción duró 32 minutos, no lograron enunciar los diez conceptos solicitados y con dificultad relacionaron los que pudieron enunciar. Se presentaron silencios prolongados. En las cuatro figuras el grosor de las flechas está relacionado con el número de interacciones: a mayor número, mayor grosor.

La tabla 8 resume lo antes mencionado y la tabla 9 muestra el total de interacciones por minuto de cada integrante. El número de interacciones se utilizó para realizar una prueba de Kruskal-Wallis y de ésta se obtuvieron los siguientes estadísticos: chi cuadrada=10.11, valor $p=0.02$. Puesto que se aprecian diferencias significativas se procedió a realizar la prueba post hoc de Dunn (con los valores de p ajustados por el método de Benjamini-

Hochberg FDR). La prueba permitió identificar diferencias significativas entre la interacción de los alumnos que participaron en las sesiones de laboratorio no presencial con alto y bajo desempeño ($p=0.02$) mientras que éstas no existen entre los alumnos que participaron en la sesión de laboratorio presencial ($p=0.25$) (tabla 10).

Tabla 8. Concentrado del flujo de información entre los integrantes de los distintos grupos de discusión

Categoría	Participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con alto desempeño	Participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con bajo desempeño	Participantes en la sesión de laboratorio presencial con alto desempeño	Participantes en la sesión de laboratorio presencial con bajo desempeño
Interacciones por participante por minuto (mediana)	12	6	8	11
Tiempo de interacción (en minutos)	16	32	16	11
Número de integrantes	4	3	3	3
Observaciones	Lograron enunciar y relacionar los 10 conceptos con facilidad.	No enunciaron los 10 conceptos pero, con dificultad, relacionaron los que recordaron. Presentaron lapsos de silencio.	Lograron enunciar y relacionar los 10 conceptos con facilidad.	Enunciaron y relacionaron los 10 conceptos.

Tabla 9. Comparativo de las interacciones de cada participante por minuto

Integrante	Participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con alto desempeño	Participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con bajo desempeño	Participantes en la sesión de laboratorio presencial con alto desempeño	Participantes en la sesión de laboratorio presencial con bajo desempeño
1	11	6	7	11
2	13	7	9	10
3	10	5	8	11
4	18			
Mediana	12	6	8	11

Tabla 10. Valores de p entre los diferentes grupos comparados

	Participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con alto desempeño	Participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con bajo desempeño	Participantes en la sesión de laboratorio presencial con alto desempeño
Participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con bajo desempeño	0.02		
Participantes en la sesión de laboratorio presencial con alto desempeño	0.10	0.48	
Participantes en la sesión de laboratorio presencial con bajo desempeño	0.62	0.08	0.25

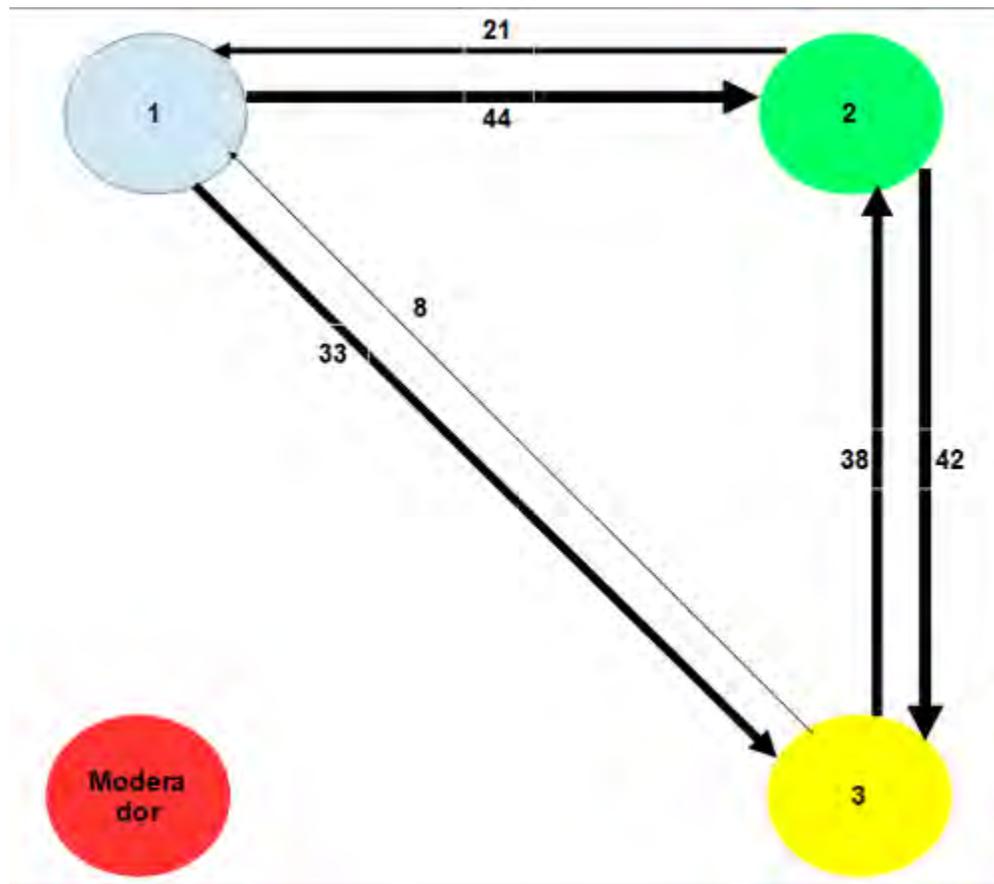


Fig. 15. Estructura de interacción del grupo de discusión con alumnos con alto desempeño y que participaron en la sesión experimental presencial

Es decir, mientras que en el primer caso (laboratorio no presencial) los alumnos con alto desempeño pueden interactuar entre sí para resolver la tarea solicitada (enunciar y relacionar 10 conceptos), los que tienen bajo desempeño no pueden hacerlo. En cambio, los alumnos que participaron en la sesión de laboratorio presencial pueden cumplir con la tarea solicitada, sin importar su desempeño en el pre-postest.

Dicha afirmación concuerda con lo expuesto por Ferrés (2008) ya que,

En el proceso de comunicación el mensaje es el resultado de la intersección entre las informaciones que pretende transmitir el emisor [el docente como mediador del proceso de aprendizaje] y las que en realidad capta el receptor [los estudiantes]. Es evidente que los círculos nunca podrán ser concéntricos, pero el objetivo de todo proceso de comunicación es ensanchar al máximo esta intersección... El interés del receptor por un mensaje será tanto mayor cuanto más reflejado se vea en él, más implicado se sienta y más representaciones haya incrustadas en él de sus preocupaciones, intereses y deseos.

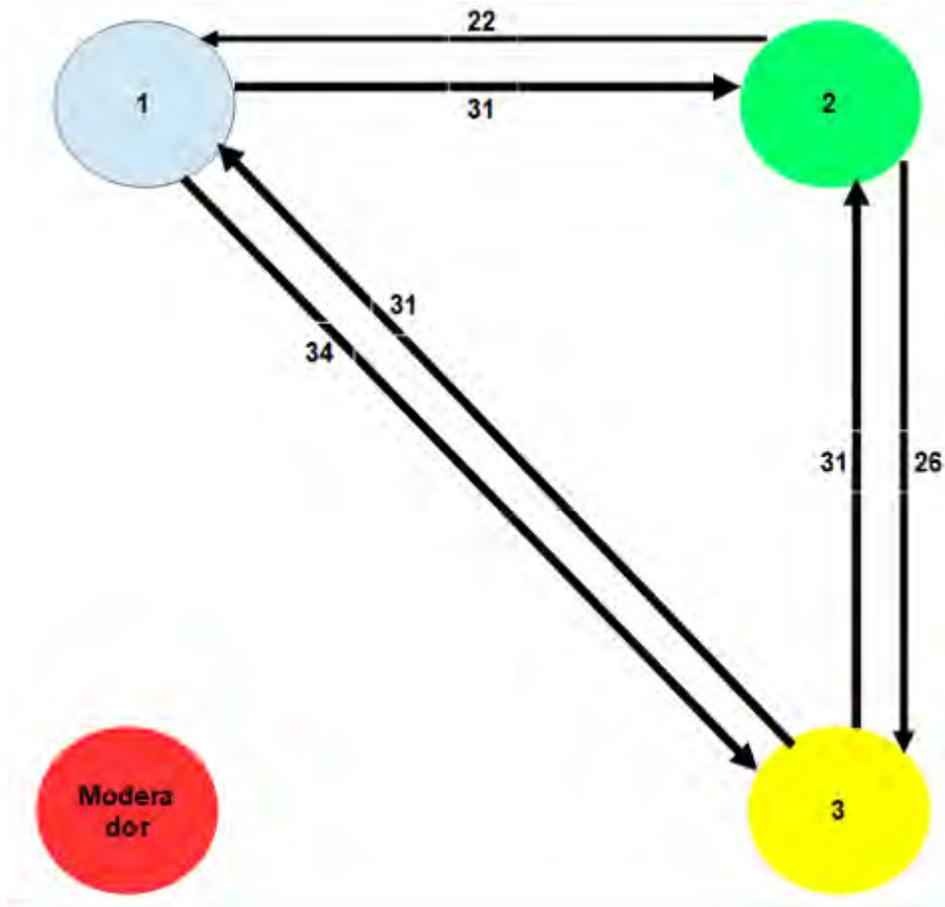


Fig. 16. Estructura de interacción del grupo de discusión con alumnos con bajo desempeño y que participaron en la sesión experimental

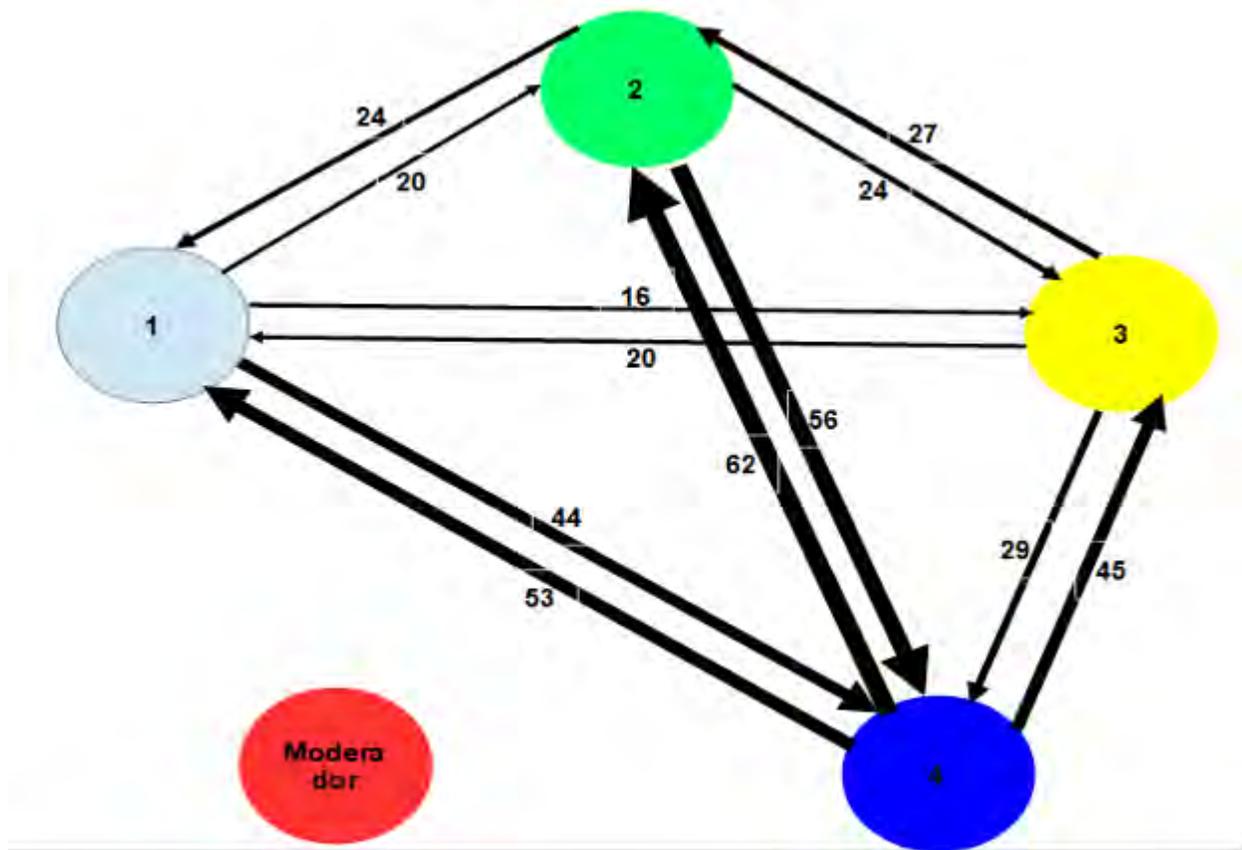


Fig. 17. Estructura de interacción del grupo de discusión con alumnos con alto desempeño y que participaron en las sesiones de video

Puesto que no existe diferencia significativa en el desempeño de los estudiantes que participaron en el trabajo experimental presencial, ello se puede extrapolar a que el proceso de comunicación en estas condiciones es concéntrico (el receptor capta el mensaje que pretende transmitir el emisor) y donde el alumno se implica más en las actividades que se le solicitan. O bien, en palabras de Suárez (2004) en ellos no hay distancia importante entre el nivel real de desarrollo (determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema) y el nivel de desarrollo potencial (determinado a través de resolución de problemas bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz).

En cambio, en el trabajo experimental no presencial sólo los alumnos con alto desempeño en el pre-postest captan el mensaje que pretende transmitir el emisor y se implican en la actividad es decir, en estas circunstancias el proceso de comunicación no es concéntrico

y ello es validado por las diferencias significativas existentes en la interacción durante los grupos de discusión efectuados con estos estudiantes.

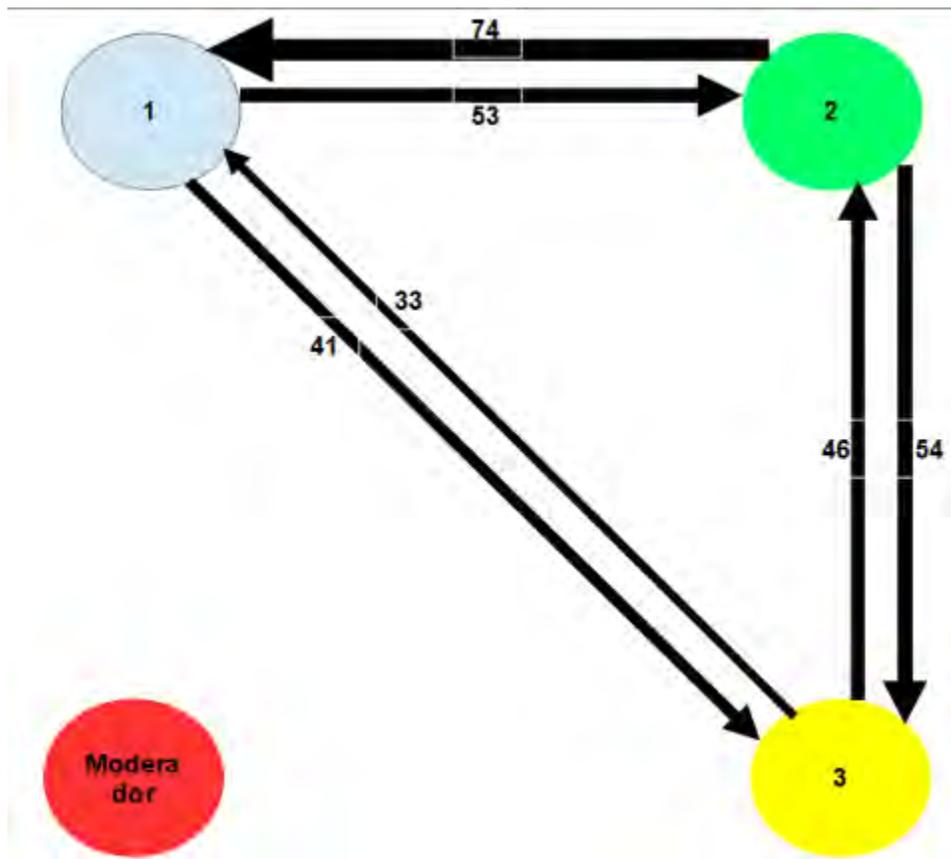


Fig. 18. Estructura de interacción del grupo de discusión con alumnos de bajo desempeño y que participaron en las sesiones de video

Los resultados anteriores validan lo que señala la FNBE (el trabajo [experimental] práctico es el más fuerte contribuyente en el desarrollo cognitivo del conocimiento científico) pues aunque en las pruebas escritas los alumnos que participaron en las sesiones de laboratorio no presencial tienen un mejor desempeño (en comparación con el grupo control), al verbalizar el conocimiento los alumnos que participaron en la sesión experimental presentan un buen desempeño, sin importar sus puntajes en el pre-posttest o bien, el hecho de que los alumnos que participaron en el laboratorio presencial tengan un mayor porcentaje de aprobación (43%) comparado con el porcentaje de aprobación de los que participaron en el laboratorio no presencial (27%) valida que el laboratorio

presencial permite una apropiación del conocimiento de manera homogénea entre los estudiantes que participan en éste.

Lo antes expresado se asocia con lo expuesto por Sartori (1998):

El lenguaje esencial que caracteriza e instituye al hombre como animal simbólico es el “lenguaje-palabra”. El hombre reflexiona sobre lo que dice. Y no sólo el comunicar, sino también el pensar y el conocer que caracterizan al hombre como animal simbólico se construyen en el lenguaje y con el lenguaje. El lenguaje no es sólo un instrumento del comunicar sino también del pensar y el pensar no necesita del ver.

Dicha construcción “en el lenguaje y con el lenguaje” (de acuerdo a los resultados observados en los grupos de discusión) sólo se llevó a cabo indistintamente del desempeño pre-postest con la interacción cara a cara que se dio entre los estudiantes que trabajaron presencialmente en el laboratorio, lo cual puede atribuirse al intercambio oral que se dio entre ellos cuando trabajaron en el laboratorio, intercambio que permite construir y deconstruir su marco conceptual mientras que, pese a que una imagen tiene más impacto que las palabras (Sartori, 1998), el acto de ver es psicológicamente inferior que el hecho de pensar. Estos alumnos observaron (mediante la manipulación de las ratas, el equipo, los reactivos y los resultados) y después, mediante el intercambio oral que existió entre ellos, procesaron y analizaron lo que vieron.

En contraste, los alumnos que observaron las generalidades de la práctica experimental mediante video realizaron el acto de ver, pero sólo los que presentaron alto desempeño en el pre-postest realizaron el acto de pensar lo que la imagen que percibieron les comunicó, no siendo así para lo que tuvieron un bajo desempeño en el pre-postest, que sólo realizaron el acto de ver.

Entonces, mientras que el trabajo de laboratorio presencial conjunta dos hechos: el de ver y el de pensar y ello se traduce en una verbalización de conocimiento de mayor calidad en los alumnos que participan en éste (sin importar su desempeño en el pre-

postest), el trabajo de laboratorio no presencial mediante video sólo permite la verbalización con calidad en alumnos con alto desempeño en el pre-postest, no siendo así en los que presentaron bajo desempeño.

Sin afán de ser redundante y vinculando con lo que los datos cuantitativos mostraron (diferencias significativas entre los alumnos del grupo control y los que hicieron trabajo de laboratorio no presencial, no siendo significativas entre el grupo control y los alumnos que realizaron trabajo de laboratorio presencial) nuevamente Sartori expone:

*La televisión es la que modifica primero y fundamentalmente la naturaleza misma de la comunicación, pues la traslada del contexto de la palabra al contexto de la imagen. La palabra es un símbolo que se resuelve en lo que significa, en lo que nos hace entender y entendemos la palabra sólo si conocemos la lengua a la que pertenece. Por el contrario, la imagen es pura y simple representación visual. La imagen se ve y eso es suficiente y para verla basta con poseer el sentido de la vista. La televisión no es un anexo; es sobre todo una sustitución que modifica sustancialmente la relación entre entender y ver. **La advertencia es, pues, que un aumento cuantitativo no mejora nada sino está acompañado de un progreso sustancial: un aumento cuantitativo no es un progreso cualitativo y, por tanto, un progreso en sentido positivo y apreciativo del término. Mientras que un progreso cualitativo puede prescindir del aumento cuantitativo, lo contrario no es cierto.***

Ello concuerda con los resultados observados ya que, aunque sólo la media de los alumnos que realizaron trabajo de laboratorio no presencial (observación de video) mostró diferencias significativas con la del grupo control, los grupos de discusión y la evaluación de la infografía (tablas 12-23) mediante rúbrica no sustentan el progreso sustancial o bien, que un aumento cuantitativo no es un progreso cualitativo.

En cambio, aunque la media de los alumnos que realizaron trabajo de laboratorio presencial no fue significativamente diferente de la del grupo control, los grupos de discusión y la evaluación de la infografía sí sustentan un progreso sustancial. Es decir, el

progreso cualitativo (entiéndase éste como la no diferencia en la verbalización y aplicación de conocimientos en alumnos con desempeño contrastante en el pre-postest) en los alumnos que trabajaron en el laboratorio presencialmente prescinde del aumento cuantitativo, no siendo así en los alumnos que realizaron trabajo de laboratorio no presencial.

Para sustentar y presentar una posible explicación de lo anterior, también Sartori escribe:

Algunas palabras abstractas son en cierto modo traducibles en imágenes, pero se trata siempre de traducciones que son sólo un sucedáneo infiel y empobrecido del concepto que intentan visibilizar. La televisión produce imágenes y anula los conceptos, y de este modo atrofia nuestra capacidad de abstracción y con ella toda nuestra capacidad de entender. Por el momento, es verdad que no hay integración, sino sustracción y que, por tanto, el acto de ver está atrofiando la capacidad de entender.

De este enunciado se desprende que: 1) el video no reproduce ni las interacciones ni las ideas presentadas en el laboratorio (que son necesarias para construir y deconstruir conceptos, como ya se mencionó anteriormente) y, 2) aunque se reconozca lo que se observa, no necesariamente se comprende, aunque el vidente perciba como equivalentes ambas acciones.

Después de plasmar las ideas antes mencionadas, el lector podría sugerir que las diferencias presentadas se atribuyen al tipo de mediación generada por el profesor, entendiendo la figura del mediador como: un tercero entre dos, que actúa siempre en el terreno del conflicto y lo hace mediante estrategias conciliadoras que no solo resuelven conflictos, sino que también los crea (Ferrés, 2008).

De lo anterior se diría que el profesor genera conflictos mediante el trabajo de laboratorio presencial, mientras que si éste no es presencial (observación de video), al no generarse conflictos, es obvio que haya diferencias cualitativas entre los alumnos expuestos a este tipo de mediación educativa. Ello se refuta indicando que el trabajo de laboratorio

presencial efectuado fue de tipo *cookbook*, el cual no concilia al no entrar en conflicto (a menos que los resultados no sean los esperados, pero esto siempre se atribuye a errores en el método). Se hubiera generado un conflicto si los alumnos hubieran desconocido qué ratas eran controles, con ayuno de 24 o de 48 horas; pero éstos conocieron las características de éstas desde el inicio de la práctica experimental.

Entonces el trabajo de laboratorio presencial, aun siendo de tipo *cookbook*, propicia interacciones entre los estudiantes que permiten un desempeño cualitativo homogéneo en cambio, cuando el laboratorio no es presencial, el desempeño cualitativo sólo es eficiente en alumnos con desempeño alto en el pre-postest, como ya se ha mencionado. Ya que, como también Ferrés menciona, aunque las tendencias educativas modernas pregonan que basta que un mensaje pase a ser transmitido por una tecnología (como un video) para que éste sea eficaz y que dicha tecnología es suficiente para recuperar el interés de los alumnos por el aprendizaje, los resultados obtenidos en esta tesis (para el grupo de estudio) muestran que ello no es así.

Dicha ineficacia es explicada por Aparici (2003) (citado en Ferrés, 2008):

[La] comunicación implica diálogo, una forma de relación que pone a dos o más personas en un proceso de interacción y de transformación continua.

Ergo, el diálogo generado en el trabajo de laboratorio presencial entre alumnos y entre alumnos-profesor propicia el desempeño cualitativo homogéneo, mientras que la ausencia de éste (sólo se presentó entre alumnos-profesor al ir resolviendo las dudas generadas durante la proyección de los videos) mediante el uso de medios audiovisuales no permite la transformación de la que habla Aparici.

Los párrafos precedentes conllevan a pensar que lo que afectaría el desempeño de los estudiantes entre las diferentes aproximaciones de trabajo experimental (presencial y no presencial) son los intereses de los estudiantes, sugiriendo que presencialmente hay interés de los alumnos en las actividades realizadas y que no lo hay cuando se aproximan

al trabajo de laboratorio mediante video. Nuevamente dicha sugerencia se niega indicando que ambos grupos de alumnos fueron convocados voluntariamente, lo cual se deriva en que hubo interés en los dos tipos de mediación.

Sin embargo, interés y sintonía con el receptor no son sinónimos y en este punto sí se diferencian las aproximaciones al trabajo experimental pues, mientras que presencialmente los alumnos conectan contenidos con sus habilidades, intereses e incluso deseos (Ferrés, 2008), mediante video éstos no conectan ni con sus habilidades ni con sus actitudes y estas consideraciones podrían ser responsables (en parte) de las diferencias cualitativas presentadas.

Otra consideración a desarrollar radica en el hecho de que algunos alumnos convocados para los grupos de discusión no fueran aptos para el trabajo colaborativo y que ello repercutiera en la calidad de la interacción pero, nuevamente, ello puede negarse pues los cuatro grupos de discusión (tabla 11) comparten las características de “habilidades colaborativas”, las cuales se refieren a la presencia de habilidades interpersonales y grupales que le permiten a los estudiantes trabajar en equipo y de “trabajo o procesamiento en equipo”, que implica las necesidades del grupo para discutir qué, cuáles y cómo van a alcanzar los logros propuestos (Cabrera, 2014).

Siguiendo con los datos condensados en la tabla 11, los grupos de discusión que congregan a alumnos que participaron en la práctica de laboratorio presencial además de compartir las características antes mencionadas, también coinciden en presentar “interdependencia positiva” (los estudiantes perciben que los logros del grupo aseguran el aprendizaje de todos y cada uno de los miembros del grupo), “responsabilidad individual” (cada estudiante se responsabiliza no sólo de sus logros sino también de proporcionar ayuda a aquellos que lo requieran para así alcanzar los logros en equipo) e “interacción cara a cara” (supone que dentro del grupo cada uno de los integrantes debe

facilitar el éxito del otro, estimulando y facilitando los esfuerzos del otro para lograr la meta común). En conjunto, dichos elementos originan el desempeño cualitativo favorable. En cambio, estas cuatro características sólo están presentes en los alumnos que presenciaron el trabajo experimental mediante video que tuvieron un desempeño alto en el pre-postest (aunque hubo concentración de interacciones en dos de los cuatro integrantes del grupo de discusión) y ausentes en los que tuvieron un bajo desempeño en el pre-postest. Dichas características están ausentes en éstos por los vacíos conceptuales que presentaron.

Entonces, aunque los cuatro grupos de discusión presentaron habilidades cooperativas y procesamiento en equipo, sólo los alumnos que realizaron el trabajo experimental presencial y los que lo realizaron no presencialmente con alto desempeño en el pre-postest presentaron interdependencia positiva, responsabilidad individual e interacción cara a cara, no siendo así los que realizaron trabajo experimental no presencial con bajo desempeño en el pre-postest.

Otras afirmaciones de Cabrera (2014) permiten ahondar en las ventajas del trabajo experimental presencial. Éstas son:

1. Investigaciones en las que el criterio de organización del grupo ha sido el nivel de rendimiento académico reportan que aquellos estudiantes con alto rendimiento académico tienen mayor participación dentro de su grupo, dan más sugerencias, pistas e información mientras que los estudiantes de bajo rendimiento no verbalizan mucho su pensamiento.

Mientras que este argumento es válido para los estudiantes de participación en el laboratorio no presencial con bajo rendimiento en el pre-postest, no lo es para los de bajo rendimiento y que realizaron el trabajo experimental presencialmente.

2. El discurso generado a través de la interacción se fundamenta en dos niveles psicológicos. La puesta en escena de los significados ubicados a nivel intrapsicológico permiten su reconstrucción en un nivel interpsicológico.

Tabla 11. Cumplimiento de elementos clave de trabajo colaborativo durante los grupos de discusión

Criterio	Participantes en las sesiones de videos explicativos con alto desempeño	Participantes en las sesiones de videos explicativos con bajo desempeño	Participantes en la sesión experimental con alto desempeño	Participantes en la sesión experimental con bajo desempeño
Interdependencia positiva	✓	✗	✓	✓
Responsabilidad individual	✓	✗	✓	✓
Interacción cara a cara	✓	✗	✓	✓
Habilidades cooperativas	✓	✓	✓	✓
Procesamiento en equipo	✓	✓	✓	✓
Observaciones complementarias	Concentración de los flujos de información en dos de los cuatro integrantes. Realizan la tarea demandada satisfactoriamente	Reconocen lo que desconocen y se preguntan entre ellos o al mediador. No logran realizar la tarea demandada satisfactoriamente.	Reconocen lo que desconocen y se preguntan entre ellos. Mediante el intercambio de información realizan la tarea demandada satisfactoriamente.	Intercambio de información entre ellos breve y conciso. Realizan la tarea demandada satisfactoriamente.

En el caso de los grupos de estudiantes con alto desempeño en el pre-postest es comprensible que puedan llevar a cabo la reconstrucción interpsicológicamente pues si poseen “contenido” intrapsicológico, cuentan con elementos exteriorizables, llevando a cabo satisfactoriamente la actividad solicitada. No así los que presentan bajo desempeño en el pre-postest. Su desempeño daría a entender que como no hay “contenido” intrapsicológico y que éste no puede reconstruirse en el nivel inter. Ello sólo es verdadero con los alumnos de bajo desempeño que participaron en la práctica experimental no

presencialmente, no siendo así para los que la hicieron presencialmente. Estos últimos, aun mostrando bajo “contenido” intrapsicológico, son capaces de exteriorizar y reconstruir un discurso interpsicológico con la misma calidad que el realizado por los alumnos de los grupos de discusión con alto desempeño en el pre-postest.

Cabe mencionar que el contenido exteriorizado en los grupos de discusión no fue exclusivo de la sesión de laboratorio presencial o de los dos materiales de video que se realizaron para abordar la sesión de laboratorio no presencialmente sino que, además, contuvieron información vista en clase y con la que trabajaron en las tres sesiones previas a las sesiones de laboratorio (presencial y no presencial). Ello permite inferir que la apropiación de la información revisada en clase es de mejor calidad si ésta es acompañada de trabajo experimental presencial, en comparación con el no presencial, tal como lo sugiere la FNBE y que es concordante con el modelo de ejercicio de proyecto propuesto por Morgan. Ello se refuerza con otra afirmación de Cabrera (2014):

3. Los esfuerzos cooperativos conducen al logro de un mejor desempeño, esto incluye un rendimiento más elevado y una mayor productividad por parte de los estudiantes, mayor posibilidad de retención a largo plazo, motivación intrínseca que permite lograr un alto rendimiento [lo cual se aprecia en los grupos de alumnos con trabajo experimental presencial].

Entonces, aunque las tendencias modernas de política educativa promuevan la oferta de *e-learning* haciendo uso de internet y de medios audiovisuales como la solución al rezago educativo en la Educación Media Superior (Martínez-Godínez, 2011), contrastando con Abrahams, Hodson, Millar *et al* y Wellington (citados en Jokiranta, 2014), el trabajo de laboratorio aunque sea de tipo *cookbook* -siempre y cuando haya interacciones verbales entre los alumnos y entre los alumnos y el profesor- permite aprendizajes cualitativamente superiores que los logrados con medios audiovisuales pues, como Suárez (2010) escribe:

Asumir una comprensión sociocultural del aprendizaje nos separa de un marco de comprensión que enfoca el desarrollo de la cognición como un producto exclusivo de la actividad individual [implícito en intervenciones didácticas audiovisuales o, en este caso, en trabajo experimental no presencial]. Una explicación solipsista de la mente, al excluir la presencia y relevancia de lo social en la construcción de la cognición, no percibe el papel de la comunicación, la cooperación entre estudiantes, la orientación docente, la asistencia tutorial, la intervención de los instrumentos de mediación cultural y muchos otros factores necesarios en una comprensión cabal del aprendizaje. Esto es el aprendizaje cooperativo que entraña una explicación sociocultural del aprendizaje.

Esta cita de Suárez permite abordar la diferencia entre los enfoques radical (implícito en el laboratorio no presencial) y sociocultural (implícito en el trabajo de laboratorio presencial) del constructivismo. Para ello, se hace referencia a Geelan (1997) y Bodner y Geelan (2001):

Las teorías constructivistas se basan en la premisa que *el conocimiento se construye en la mente del educando*, diferenciándose de las teorías tradicionales que asumen que *la mente contiene imágenes que representan la realidad como si fueran copias o imágenes de ésta*.

El constructivismo radical sostiene que el conocimiento no es transferido directamente desde el ambiente u otras personas hacia el educando, sino que tiene que ser activamente construido y puesto a prueba dentro de la mente individual en un proceso más o menos continuo y que todo conocimiento organiza nuestras experiencias del mundo para hacerlas significativas. Por ende, el conocimiento no se juzga en términos de “verdad o falsedad”, sino si funciona o no para explicar la realidad.

En cambio, el constructivismo sociocultural sustenta que, aunque las ideas permanecen en los individuos, el deseo de consenso y aprobación de los pares permiten modificar las ideas presentes en los mismos. También sostiene la existencia de dos dominios de

conocimiento: el socialmente adquirido en la vida cotidiana y el simbólico, que se aprende en la escuela.

Otro disenso entre ambos enfoques es el hecho que el constructivismo sociocultural se basa en una filosofía objetivista y con énfasis en el intercambio social, donde el núcleo de estudio se encuentra en las interacciones sociales que ocurren en el salón de clases y en la construcción de significados a través del lenguaje, las cuales no tienden a problematizar con el conocimiento científico, sino tratarlo como un constructo de consenso social con el que los estudiantes socializan. En cambio, el radical se sostiene en una filosofía relativista con énfasis personal cuyo núcleo de estudio es la cognición y el individuo, donde los sujetos sólo pueden interactuar socialmente con su propia construcción de los otros y que el conocimiento del mundo se basa en las experiencias de nuestros sentidos.

Martínez-Delgado (2001) complementa lo anteriormente expuesto sobre el constructivismo radical al afirmar que la mente del sujeto crea su propia realidad y su propio conocimiento, sin la influencia de un mundo externo objetivo, independiente del sujeto. De dicha oración puede entenderse que el acto educativo capaz de cambiar las concepciones alternativas de los educandos es responsabilidad única de los mismos, prescindiendo de la acción del docente y de sus pares y con ello, se invalida la necesidad de generar actividades de laboratorio presenciales, pues según el constructivismo radical las interacciones que ocurren en éstas no son necesarias para lograr el aprendizaje de los educandos. Para este tipo de constructivismo, una intervención audiovisual que permita poner a prueba los constructos presentes en los educandos es suficiente para que éstos cambien sus concepciones alternativas, siempre y cuando el nuevo conocimiento permita explicar la realidad como es concebida por el educando, en caso contrario este conocimiento es desechado por el mismo, pues no es compatible con los

constructos presentes en su mente. Este tipo de experiencias audiovisuales (sustentadas en un constructivismo radical) mantienen hoy en día gran influencia en la educación contemporánea de las ciencias y las matemáticas (Martínez-Delgado, 2001). Sin embargo, es menester que la enseñanza de las ciencias en la educación media superior se apegue a una visión sociocultural del constructivismo y que defienda la continuidad de las actividades de laboratorio presenciales por lo que se expone en las siguientes líneas. Abordando al trabajo experimental presencial, Hodson (citado en Jokiranta, 2014) indica que el trabajo práctico sólo es efectivo como estrategia didáctica para algunos profesores, algunos estudiantes y algunos conceptos. Para el caso de “algunos profesores”, sin duda alguna éstos requieren contar con experiencia para poder tener resultados pedagógicos satisfactorios ya que, como Hodson menciona, el profesor debe de cuidar que los estudiantes hagan buenas observaciones para evitar que lleguen a conclusiones erróneas e incidir claramente en los estudiantes para que piensen y lleguen al conocimiento de este modo, ya que simplemente seguir el protocolo no logra que los alumnos lleguen a éste.

De acuerdo con lo anterior, cabe mencionar la siguiente observación: al dirigir la práctica experimental hubo descontrol de grupo, pues los alumnos no anotaron el peso del glucógeno extraído (pese a que el protocolo lo señalaba), éstos no manipularon los reactivos (para evitar confusiones y contaminación de los mismos) y la sesión fue sumamente larga (siete horas de duración) además, durante toda la sesión se dio preferencia a seguir el protocolo, sin analizar *ipso facto* (el análisis y discusión se realizó hasta el final de la sesión) el porqué de lo que se estaba realizando pero, el hecho de que resistieran siete horas de trabajo continuas habla de que estuvieron interesados en la actividad, así como que la interacción entre ellos y profesor alumnos en el análisis y

discusión de la sesión fue satisfactoria, de acuerdo con los argumentos antes mencionados.

Sobre esta misma línea, de acuerdo con Domin y Leonard (citados en Lindwall, 2008) el tipo de trabajo de laboratorio seguido (como se mencionó previamente) fue de tipo tradicional (*cookbook*), en el cual las acciones de los estudiantes son especificadas de un modo “paso a paso” donde el objetivo típico es demostrar un principio enunciado en un libro de texto. En este caso, dicho enunciado fue mostrar la presencia de glucógeno en hígado y músculo de las ratas en condiciones normales de alimentación y su ausencia en ayuno de éstas.

Pushkin (citado en Lindwall, 2008) critica este tipo de trabajo de laboratorio porque a los estudiantes se les indica qué pensar, cómo pensar y cuándo pensar, lo cual hace que el trabajo experimental pierda su impacto en el aprendizaje. Roth (citado en Lindwall, 2008) amplía los inconvenientes del trabajo de laboratorio de tipo *cookbook* al mencionar que en éstos los estudiantes no tienen una noción clara del porqué están haciendo las cosas al sólo seguir “recetas”, pierden tiempo durante los “tiempos muertos” de la actividad, reflexionan raramente y no involucran la teoría con las observaciones generadas.

Sin embargo, esta crítica no contempla la existencia de conocimientos previos (como los proporcionados en las sesiones teóricas de la estrategia didáctica), la discusión de los resultados llevada a cabo al final de la sesión de laboratorio ni los intereses de los estudiantes.

Pero a su vez, si el trabajo experimental se hubiera contextualizado con un enfoque de tipo *open inquiry*, en el cual los alumnos tienen un papel de compromiso y de investigaciones exploratorias activas (Domin y Leonard, citados en Lindwall, 2008), tal vez se hubieran obtenido mejores puntajes en el pre-postest y tanto la parte cuantitativa como la cualitativa hubieran mostrado desempeños superiores, en comparación con el

grupo control y con los alumnos que participaron en las sesiones de video. Pero, para lograr este tipo de enfoque se requiere tiempo de capacitación del estudiantado, más allá de una secuencia didáctica de 5 sesiones. Es decir, en términos de los modelos de trabajo por proyectos de Morgan, se requiere de varias experiencias de trabajo con el modelo “ejercicio de proyecto” para lograr desempeños concordantes con el modelo de “componente de proyecto”.

Con relación a “algunos estudiantes” que menciona Hodson, no se tienen elementos para discutir ese punto, salvo que cuatro de los siete alumnos seleccionados para la sesión experimental presencial tenían un estilo de aprendizaje activo categorizado como alto, de acuerdo con los resultados obtenidos del cuestionario de estilos de aprendizaje de Honey y Alonso aplicado a los alumnos antes del inicio de la intervención didáctica.

Finalmente, cualquier tema metabólico -entre ellos la glucogénesis y la glucogenólisis- se presta para ser abordado experimentalmente (la bioquímica es una disciplina preponderantemente experimental). Este hecho hace que el trabajo realizado sea uno de “algunos conceptos” que se pueden trabajar en un laboratorio.

Otro aspecto para considerar es el abordado por Gustone y Champagne (citados en Hofstein y Lunetta, 2003) quienes sugieren que el aprendizaje significativo en el laboratorio ocurre si a los estudiantes se les da suficiente tiempo y oportunidades para la interacción, reflexión, retroalimentación y modificación de ideas. En la sesión experimental dicha reflexión se realizó hasta el final de ésta y, pese a que los alumnos ya estaban cansados (recordar que la sesión duró siete horas), éstos pudieron recuperar la información solicitada en los grupos de discusión, como se describió en párrafos anteriores.

Las actividades hasta aquí mencionadas se realizaron de acuerdo a cómo las organizó el profesor en la segunda quincena de septiembre de 2017 (el pretest y las sesiones

teóricas), la primera de octubre del mismo año (las sesiones experimental y de observación de videos), la primera de diciembre de dicho año (el postest y los grupos de discusión con los equipos de bajo desempeño) y la primera de enero de 2018 (los grupos de discusión con los equipos de alto desempeño) pero, dado que el trabajo de tesis también contempló el Aprendizaje Basado en Proyectos, a continuación se describe cómo se incluyó este enfoque: se solicitó a los estudiantes que desarrollaran una pregunta que se vinculara con los temas metabólicos vistos en clase y con su vida cotidiana y con base en ella elaborar una infografía (elaboradas fuera de clase y presentadas en la segunda semana de abril de 2018). Las preguntas desarrolladas por los alumnos que participaron en la sesión experimental presencial y los que participaron en la sesión no presencial se presentan en la tabla 12. Estas muestran que, mientras las preguntas de los alumnos que participaron en el laboratorio no presencialmente están más enfocadas en complementar lo visto en clase, las de los alumnos que participaron en la sesión presencial vincularon lo realizado en éste para el desarrollo de sus preguntas.

Durante la presentación de las infografías se evaluaron nuevamente conceptos vistos durante las sesiones teóricas (pero con la dirección del profesor, no de recuperación libre como ocurrió en los grupos de discusión), la vinculación de la pregunta con la vida cotidiana, así como la elaboración y presentación de las infografías.

Las tablas 13-16 presentan las rúbricas de evaluación de contenido conceptual de los equipos que se han venido comparando hasta el momento. De acuerdo con Gatica-Lara y Uribarren-Berrueta (2012) las rúbricas utilizadas son de tipo analíticas, las cuales se utilizan para evaluar las partes del desempeño del estudiante, desglosando sus componentes para obtener una calificación total. Asimismo, los niveles 0, 1, 2 y 3 corresponden a las estrategias de puntuación y se describen como:

0. Inadecuado,
1. Puede mejorar,
2. Satisfactorio y,
3. Excelente

El patrón observado es semejante al que se apreció en los grupos de discusión: las diferencias en el desempeño son mayores entre los equipos que participaron en las sesiones de video (3.3 puntos) que entre los equipos que participaron en la sesión experimental (2.1 puntos). Así mismo, en términos más detallados, mientras que el equipo de alto desempeño de las sesiones de laboratorio no presencial obtuvo el 100% de los indicadores en el nivel 3, el equipo de bajo desempeño sólo obtuvo un 27% en el mismo nivel, mientras que el desempeño de los equipos de la sesión de laboratorio presencial fue de 91 y 55% en el mismo nivel respectivamente. En otras palabras, es más homogéneo el dominio de los conceptos en los equipos que participaron en la sesión experimental presencial en comparación con los de las sesiones no presenciales pese a que, preparando la infografía fuera de clase, todos los equipos tuvieron la oportunidad de estudiar lo que no comprendieran, a sabiendas de que se les iba a cuestionar sobre lo elaborado.

Es interesante destacar que los alumnos con alto desempeño en el laboratorio presencial no tuvieron un completo dominio de la comunicación entre el intestino delgado, hígado y el torrente sanguíneo pese a que durante la sesión experimental explícitamente se mostró a los estudiantes las estructuras antes mencionadas. En los estudiantes con bajo desempeño la confusión fue aún mayor. Ello puede explicarse a que, pese a que se dio la explicación por parte del profesor, los alumnos pusieron más atención en el procedimiento de sacrificio, disección y extracción de hígado y músculo que en las estructuras anatómicas en sí.

La confusión anterior se realimenta con los alumnos que presentaron un bajo desempeño en la sesión experimental ya que, pese a que el objetivo era vincular los conceptos de glucogénesis y glucogenólisis con la presencia o ausencia de glucógeno en los órganos extraídos (hígado y músculo), éstos no pudieron verbalizar claramente que éstos participan en los procesos antes mencionados, ni las hormonas que regulan ambos procesos. Del mismo modo, tampoco pudieron describir a los ciclos de Cori y de Cahill, pese a que también relacionan tanto al hígado como al músculo implicados en ellos.

Tabla 12. Preguntas desarrolladas por los equipos participantes en la sesión de laboratorio presencial o no presencial

Equipo	Pregunta desarrollada	Origen de la pregunta
Participantes en la sesión de laboratorio no presencial con alto desempeño	¿Cómo se lleva a cabo el proceso de glucogénesis?	La duda surgió porque el equipo no comprendió bien el tema cuando se abordó en clase.
Participantes en la sesión de laboratorio no presencial con bajo desempeño	¿Qué se produce en el páncreas?	Complementar y comprender mejor lo visto en clase.
Participantes en la sesión de laboratorio presencial con alto desempeño	¿Qué determina la coloración del indicador Benedict?	Explicar el cambio de color del reactivo empleado en el laboratorio.
Participantes en la sesión de laboratorio presencial con bajo desempeño	¿Cómo se lleva a cabo el proceso de gluconeogénesis?	Complementar y comprender mejor lo trabajado en el laboratorio.

Sin embargo, también se destaca que tanto los alumnos con alto como con bajo desempeño identifican al hepatocito como unidad estructural y funcional del hígado, otro

de los objetivos tratados en la sesión. Del mismo modo, también en ambos grupos de alumnos no hubo dificultad alguna para explicar la variación de los niveles de glucosa de acuerdo con el estado alimenticio de los individuos. Esto último debido probablemente a que otro de los objetivos de la sesión era que los alumnos diferenciaron los niveles de glucógeno presentes en ratas con diferentes estados alimenticios (normal y ayunos de 24 y 48 horas) entonces, pese a que no todos los alumnos identificaron las estructuras que regulan los niveles de glucosa sanguíneos, a todos sí les quedó claro que los niveles de glucógeno varían de acuerdo con estado alimenticio del animal. Entonces, la sesión experimental permitió que los alumnos comprendieran el efecto del ayuno en los animales, aunque no influyó en que éstos comprendieran el porqué de dicho efecto.

En caso de los alumnos que participaron en las sesiones de laboratorio no presencial, los que presentaron bajo desempeño tuvieron algunas dificultades para diferenciar los conceptos de glucólisis, glucogenólisis, glucogénesis y gluconeogénesis y no pudieron asociar dichos conceptos con un estado alimenticio en particular (aspectos en los que los alumnos de la sesión experimental de bajo desempeño sí pudieron lograr). Además, estos alumnos (al igual que los de bajo desempeño en el laboratorio) tampoco pudieron identificar en qué órganos ocurren los procesos de glucogénesis y glucogenólisis ni pudieron explicar congruentemente los ciclos de Cahill y de Cori. Añadiendo otra semejanza entre estos alumnos y los de bajo desempeño en el laboratorio presencial, ambos grupos tuvieron dificultades en explicar cómo se relaciona la glucogénesis y glucogenólisis en la regulación de niveles de glucosa sanguíneos, así como las hormonas que los regulan es decir, ni el trabajo experimental presencial ni mediante la observación de los videos explicativos permitieron que los alumnos hicieran dichas relaciones y, puesto que los videos son producto de la sesión experimental presencial, la deficiencia se explica en que no se abordó claramente durante la sesión experimental.

Con relación al parámetro de vinculación, no hay diferencias entre los equipos: los cuatro obtuvieron un puntaje global de 9.2 (tablas 15-18), las dudas que desarrollaron en la infografía fueron originadas por ellos mismos y fueron capaces de vincular el contenido presentado tanto con otros temas biológicos como con otras asignaturas. La deficiencia que tuvieron en común los cuatro equipos fue el uso de fuentes de información: necesitan transitar del uso de libros poco específicos o sitios web hacia la consulta de literatura más especializada.

El parámetro de elaboración y presentación (tablas 19-22) permite apreciar nuevamente un patrón de homogeneidad entre equipos que participaron en la sesión experimental (ambos obtuvieron el mismo puntaje), mientras que en los equipos de las sesiones no presenciales el patrón nuevamente es divergente (1.3 puntos de diferencia entre los equipos).

Los equipos que participaron en la sesión experimental presentaron la información llamativamente, con buena redacción, sin saturación de texto y con imágenes adecuadas, así como un manejo adecuado del tiempo de presentación y con signos de conocimiento y dominio del tema presentado, pero también hay que resaltar que se observó dominancia de dos de los tres integrantes de cada equipo en la presentación, así como algunos errores ortográficos.

Por su parte, los equipos que participaron en las sesiones de laboratorio no presencial también tuvieron buen manejo en la presentación de la información (al igual que los equipos de la sesión experimental) pero, mientras que en el equipo con alto desempeño todos los integrantes conocían el contenido del cartel, en el equipo de bajo desempeño se apreció la dominancia de dos de los tres integrantes. La exposición y apropiación de la información fue mejor en el equipo de alto que en el de bajo desempeño. Del mismo modo, en el equipo de alto desempeño no hubo errores ortográficos ni de redacción,

mientras que en el de bajo sí hubo algunos errores ortográficos. Nuevamente se muestra superioridad en la verbalización de la información solicitada en los equipos de alto desempeño en el pre-postest y en el de bajo desempeño que participó en el laboratorio presencial, no siendo así en los de bajo desempeño que observaron los videos de lo realizado en el laboratorio.

Finalmente, la deficiencia común a todos los equipos está relacionada a las citas y referencias, ya que lo hacen con algunos errores.

Tabla 13. Rúbrica de evaluación de los participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con alto desempeño

Contenido	Nivel			
	3	2	1	0
Diferencia los conceptos de glucólisis, glucogénesis, glucogenólisis y gluconeogénesis.	X			
Asocia los procesos anteriores con un estado alimenticio particular: saciedad, estado absortivo, posabsortivo, ayuno de 24 horas e inanición.	X			
Localiza dónde se encuentra la glucosa libre y el glucógeno.	X			

Tiene noción de porqué la glucosa debe mantenerse en un intervalo constante.	X			
Identifica en qué órganos se realiza la glucogénesis y glucogenólisis.	X			
Identifica a qué órganos se vinculan los ciclos de Cori y de Cahill y explican en qué consisten.	X			
Relaciona la glucogénesis y glucogenólisis con la glucodinámica y las hormonas que las regulan.	X			
Describe la anatomía y fisiología del páncreas.	X			
Identifica al transportador GLUT como el que permite que se incorpore la glucosa del torrente sanguíneo al interior de las células.	X			
Describe la relación hígado-páncreas-intestino delgado-sistema porta hepático-	X			

circulación general en el proceso de homeostasis de la glucosa.				
Identifica al hepatocito como la unidad estructural y funcional del hígado.	X			
Total	33	0	0	0
Porcentual	100%	0%	0%	0%
Calificación: 33/33=10				

Tabla 14. Rúbrica de evaluación de los participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con bajo desempeño

Contenido	Nivel			
	3	2	1	0
Diferencia los conceptos de glucólisis, glucogénesis, glucogenólisis y gluconeogénesis.		X		
Asocia los procesos anteriores con un estado alimenticio particular: saciedad, estado absortivo, posabsortivo, ayuno de 24 horas e inanición.		X		
Localiza dónde se encuentra la	X			

glucosa libre y el glucógeno.				
Tiene noción de porqué la glucosa debe mantenerse en un intervalo constante.	X			
Identifica en qué órganos se realiza la glucogénesis y glucogenólisis.		X		
Identifica a qué órganos se vinculan los ciclos de Cori y de Cahill y explican en qué consisten.			X	
Relaciona la glucogénesis y glucogenólisis con la glucodinámica y las hormonas que las regulan.		X		
Describe la anatomía y fisiología del páncreas.	X			
Identifica al transportador GLUT como el que permite que se incorpore la glucosa del torrente sanguíneo al interior de las células.		X		
Describe la relación hígado-páncreas-intestino delgado-sistema porta hepático-circulación general en el proceso de homeostasis de la glucosa.		X		

Identifica al hepatocito como la unidad estructural y funcional del hígado.				X
Total	9	12	1	0
Porcentual	27%	55%	9%	9%
Calificación: 22/33=6.7				

Tabla 15. Rúbrica de evaluación de los participantes en la sesión experimental presencial con alto desempeño

Contenido	Nivel			
	3	2	1	0
Diferencia los conceptos de glucólisis, glucogénesis, glucogenólisis y gluconeogénesis.	X			
Asocia los procesos anteriores con un estado alimenticio particular: saciedad, estado absortivo, posabsortivo, ayuno de 24 horas e inanición.	X			
Localiza dónde se encuentra la glucosa libre y el glucógeno.	X			
Tiene noción de porqué la glucosa debe mantenerse en un intervalo constante.	X			

Identifica en qué órganos se realiza la glucogénesis y glucogenólisis.	X			
Identifica a qué órganos se vinculan los ciclos de Cori y de Cahill y explican en qué consisten.	X			
Relaciona la glucogénesis y glucogenólisis con la glucodinámica y las hormonas que las regulan.	X			
Describe la anatomía y fisiología del páncreas.	X			
Identifica al transportador GLUT como el que permite que se incorpore la glucosa del torrente sanguíneo al interior de las células.	X			
Describe la relación hígado-páncreas-intestino delgado-sistema porta hepático-circulación general en el proceso de homeostasis de la glucosa.		X		
Identifica al hepatocito como la unidad estructural y funcional del hígado.	X			
Total	30	2	0	0
Porcentual	91%	9%	0%	0%
Calificación: 32/33=9.7				

Tabla 16. Rúbrica de evaluación de los participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con bajo desempeño

Contenido	Nivel			
	3	2	1	0
Diferencia los conceptos de glucólisis, glucogénesis, glucogenólisis y gluconeogénesis.	X			
Asocia los procesos anteriores con un estado alimenticio particular: saciedad, estado absortivo, posabsortivo, ayuno de 24 horas e inanición.	X			
Localiza dónde se encuentra la glucosa libre y el glucógeno.	X			
Tiene noción de porqué la glucosa debe mantenerse en un intervalo constante.	X			
Identifica en qué órganos se realiza la glucogénesis y glucogenólisis.			X	
Identifica a qué órganos se vinculan los ciclos de Cori y de Cahill		X		

y explican en qué consisten.				
Relaciona la glucogénesis y glucogenólisis con la glucodinámica y las hormonas que las regulan.			X	
Describe la anatomía y fisiología del páncreas.	X			
Identifica al transportador GLUT como el que permite que se incorpore la glucosa del torrente sanguíneo al interior de las células.		X		
Describe la relación hígado-páncreas-intestino delgado-sistema porta hepático-circulación general en el proceso de homeostasis de la glucosa.			X	
Identifica al hepatocito como la unidad estructural y funcional del hígado.	X			
Total	18	4	3	0
Porcentual	55%	18%	27%	0%
Calificación: 28/33=7.6				

Tabla 17. Rúbrica de evaluación de los participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con alto desempeño

Vinculación	Nivel			
Indicadores	3	2	1	0
Originalidad de la duda	X			
Pertinencia de las fuentes consultadas		X		
Vinculación con contenidos de otras asignaturas	X			
Relación del metabolismo con otros temas biológicos	X			
Total	9	2	0	0
Porcentaje	75%	25%	0%	0%
Calificación: 11/12=9.2				

Tabla 18. Rúbrica de evaluación de los participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con bajo desempeño

Vinculación	Nivel			
Indicadores	3	2	1	0
Originalidad de la duda	X			
Pertinencia de las fuentes consultadas		X		

Vinculación con contenidos de otras asignaturas	X			
Relación del metabolismo con otros temas biológicos	X			
Total	9	2	0	0
Porcentaje	75%	25%	0%	0%
Calificación: 11/12=9.2				

Tabla 19. Rúbrica de evaluación de los participantes en la sesión de laboratorio presencial con alto desempeño

Vinculación	Nivel			
	3	2	1	0
Indicadores	3	2	1	0
Originalidad de la duda	X			
Pertinencia de las fuentes consultadas		X		
Vinculación con contenidos de otras asignaturas	X			
Relación del metabolismo con otros temas biológicos	X			
Total	9	2	0	0
Porcentaje	75%	25%	0%	0%
Calificación: 11/12=9.2				

Tabla 20. Rúbrica de evaluación de los participantes en la sesión de laboratorio presencial con bajo desempeño

Vinculación	Nivel			
Indicadores	3	2	1	0
Originalidad de la duda	X			
Pertinencia de las fuentes consultadas		X		
Vinculación con contenidos de otras asignaturas	X			
Relación del metabolismo con otros temas biológicos	X			
Total	9	2	0	0
Porcentaje	75%	25%	0%	0%
Calificación: 11/12=9.2				

Tabla 21. Rúbrica de evaluación de los participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con alto desempeño

Elaboración y presentación	Nivel			
Criterios	3	2	1	0
Sobre la presentación de la información	X			
Trabajo colaborativo perceptible al exponer	X			

Ortografía y redacción	X			
Exposición y apropiación de la información	X			
Citas y referencias bibliográficas		X		
Total	12	2	0	0
Porcentaje	80%	20%	0%	0%
Calificación: 14/15=9.3				

Tabla 22. Rúbrica de evaluación de los participantes en las sesiones de laboratorio no presencial con bajo desempeño

Elaboración y presentación	Nivel			
	3	2	1	0
Criterios				
Sobre la presentación de la información	X			
Trabajo colaborativo perceptible al exponer		X		
Ortografía y redacción		X		
Exposición y apropiación de la información		X		
Citas y referencias bibliográficas	X			
Total	6	6	0	0
Porcentaje	40%	60%	0%	0%

Tabla 23. Rúbrica de evaluación de los participantes en la sesión experimental con alto desempeño

Elaboración y presentación	Nivel			
	3	2	1	0
Criterios				
Sobre la presentación de la información	X			
Trabajo colaborativo perceptible al exponer		X		
Ortografía y redacción		X		
Exposición y apropiación de la información	X			
Citas y referencias bibliográficas		X		
Total	6	6	0	0
Porcentaje	40%	60%	0%	0%
Calificación: 12/15=8.0				

Tabla 24. Rúbrica de evaluación de los participantes en la sesión experimental con alto desempeño

Elaboración y presentación	Nivel			
	3	2	1	0
Criterios				

Sobre la presentación de la información	X			
Trabajo colaborativo perceptible al exponer		X		
Ortografía y redacción		X		
Exposición y apropiación de la información	X			
Citas y referencias bibliográficas		X		
Total	6	6	0	0
Porcentaje	40%	60%	0%	0%
Calificación: 12/15=8.0				

Estos resultados son una muestra de la necesidad de promover estrategias didácticas que hagan uso del laboratorio presencial en la enseñanza de las ciencias en la Escuela Nacional Preparatoria, institución que cuenta con los espacios y materiales para realizarlas. Este tipo de estrategias se apoyan en una visión sociocultural del constructivismo, donde el papel del lenguaje y las interacciones entre los educandos y los educandos y el profesor son determinantes para lograr modificar las concepciones alternativas presentes en los educandos y con ello lograr un aprendizaje significativo. Sin embargo, no es suficiente contar con los espacios y materiales para realizarlas, sino también es menester que los docentes que implementen estas estrategias estén conscientes de la importancia de mantener un ambiente áulico que promueva la libre expresión de los educandos, así como estar atento a las verbalización de los estudiantes para detectar concepciones alternativas que deban ser modificadas mediante el diálogo

y con ello lograr que los mismos educandos detecten que sus constructos mentales pueden o no ser capaces de explicar la realidad.

Conclusiones

El presente trabajo mostró el desarrollo, implementación y evaluación del proceso de aprendizaje del tema de metabolismo celular mediante una estrategia didáctica que hace uso de la actividad experimental tanto presencial como no presencial. Para lograr lo anterior se hizo una valoración cuantitativa y cualitativa de los estudiantes involucrados en ambas modalidades de trabajo experimental. Aparentemente, los alumnos que participaron en la sesión experimental no presencial fueron los que presentaron diferencias significativas con relación al grupo control en la valoración cuantitativa, aunque ello pudo deberse al hecho de que su desempeño en el pretest fue inferior con relación al de los alumnos que participaron en la sesión experimental presencial y por ello, la diferencia pre-postest de los últimos no alcanzó a ser estadísticamente significativa.

Se encontraron diferencias significativas en el desempeño interaccional entre alumnos que participaron en las sesiones de laboratorio no presencial. En cambio, no hubo diferencias significativas entre alumnos que participaron en la sesión de laboratorio presencial.

De lo anterior se desprende que: el video no reproduce ni las interacciones ni las ideas presentadas en el laboratorio que son necesarias para construir y deconstruir conceptos y aunque se reconozca lo que se observa, no necesariamente se comprende, aunque el observador perciba como equivalentes ambas acciones.

Entonces, pese a que las tendencias educativas modernas pregonan que basta que un mensaje pase a ser transmitido por una tecnología para que sea eficaz y que dicha tecnología es suficiente para recuperar el interés de los alumnos por el aprendizaje, los resultados obtenidos muestran que ello no es así ya que, mientras que en el laboratorio presencial los alumnos relacionan los saberes conceptuales con sus habilidades y

deseos, en el laboratorio no presencial no se llevan a cabo dichas relaciones. Entre las habilidades se destacan las de cooperación y procesamiento en equipo, las cuales se perciben indistintamente entre los alumnos que realizaron la actividad experimental presencialmente, no siendo así para quienes participaron no presencialmente, ya que éstas sólo se presentan en los alumnos con alto desempeño en el pre-postest.

En el trabajo experimental presencial se asume una concepción sociocultural del aprendizaje, en la cual las interacciones entre personas son importantes. En cambio, una modalidad de trabajo no presencial excluye la presencia y relevancia de lo social en la construcción de la cognición, influyendo en las diferencias interaccionales observadas entre ambas modalidades de trabajo.

Con relación a la aplicación del método de aprendizaje basado en proyectos, se implementó el modelo 1 propuesto por Morgan (1983): “ejercicio de proyecto”. En su aplicación se solicitó que los alumnos desarrollaran una pregunta que se vinculara con los temas metabólicos vistos en clase y con su vida cotidiana. Con base en ella se elaboraron infografías y en ellas se observó que los alumnos que no participaron presencialmente en la sesión de laboratorio enfocaron sus preguntas en complementar lo visto en clase, mientras que los alumnos que participaron presencialmente vincularon sus preguntas con lo realizado en el laboratorio es decir, desarrollaron preguntas con una intención de profundización, en lugar de confirmación de los aprendizajes efectuados. Asimismo, durante la exposición de las infografías nuevamente se interrogó a los estudiantes sus saberes y nuevamente se presentaron diferencias más pronunciadas entre el desempeño de los alumnos que no participaron presencialmente en la sesión de laboratorio en comparación con los que sí participaron presencialmente.

Entonces, el aprendizaje de la glucogénesis y la glucogenólisis como ejemplificadores del catabolismo y anabolismo mediante una actividad experimental presencial permite,

además de un aprendizaje más homogéneo de conceptos metabólicos, la interrelación de los mismos y su exteriorización, así como destrezas de sacrificio ético de animales de laboratorio, disección y extracción de estructuras anatómicas como el hígado y el músculo. También permite relacionar el metabolismo con situaciones cotidianas de la vida, como el ayuno prolongado. Estas características se apreciaron indistintamente a su desempeño en el pre-postest de los alumnos. En cambio, en los alumnos que participaron no presencialmente sólo se presentan estas características en quienes tuvieron un alto desempeño en el pre-postest, no siendo así para quienes su desempeño fue bajo.

Dadas las líneas anteriores, no se refutó la hipótesis general del trabajo: *“si las sesiones teóricas de clase se complementan con una de trabajo experimental, mejorará el aprendizaje del tema de metabolismo celular, en comparación con grupos en los cuales se presenta el tema de manera exclusivamente teórica”*. Pero se mostró que una sesión de trabajo experimental presencial tiene efectos cualitativamente superiores en comparación con las sesiones de laboratorio no presenciales.

Sin embargo, es menester complementar la estrategia con otros recursos para mejorar la comprensión de la relación entre las estructuras anatómicas y las hormonas involucradas, aunque ello requerirá de hacer uso de un mayor tiempo de horas clase. También se requiere del diseño de estrategias transversales, en las que se involucren por lo menos dos asignaturas del plan de estudios. Del mismo modo, se requiere de investigaciones en las que se analicen las interacciones *in vivo* de los estudiantes durante la ejecución de prácticas de laboratorio tanto presencial como no presencialmente con la finalidad de profundizar en los actos interpsicológicos. Sería recomendable que dichas investigaciones hicieran uso del análisis del discurso para una mejor comprensión del proceso.

Reflexión docente

Más allá que la enseñanza de las ciencias contribuye a la construcción del pensamiento lógico y que prepara a los estudiantes para su ¿futura? inserción en el mundo científico y tecnológico, es sobre todo un acto de justicia social que contribuye con el avance de la democracia y a mejorar la calidad de vida. Sin embargo, las escuelas mexicanas presentan aulas con sobrecupo: el promedio de la OCDE es de quince alumnos por salón, mientras que en México es de por lo menos treinta alumnos en las escuelas públicas y diecinueve en las privadas (Hernández, 2015). Ello repercute en la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje y la Escuela Nacional Preparatoria no es la excepción a estas cifras.

El sobrecupo recién mencionado influye en que en las aulas de la ENP sea complejo transitar de una enseñanza expositiva a una de tipo activo. Uno de los tipos de enseñanza activos es el método de aprendizaje basado en proyectos y este a su vez se conforma por tres modelos o niveles: el ejercicio de proyecto, el componente de proyecto y la orientación de proyecto.

Cuando los profesores queremos implementar el aprendizaje basado en proyectos en aulas como las recién descritas, generalmente se implementa el modelo de ejercicio donde dirigimos actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos durante una secuencia didáctica. Mientras sigan existiendo aulas con sobrecupo, será difícil implementar los otros dos tipos de modelos de proyectos, donde el estudiante tiene una mayor independencia y los proyectos tienen un carácter complejo.

Sin embargo, el trabajo transversal puede ayudar a compensar el efecto del sobrecupo y con ello transitar hacia los modelos de componente y orientación de proyectos. Para ello se sugiere la implementación gradual y continúa de los diferentes modelos de proyectos: de ejercicio en las diferentes asignaturas del primer año del bachillerato para

posteriormente realizar proyectos transversales de tipo componente de proyecto en los dos años posteriores del bachillerato. Como proyecto final del nivel educativo se podría implementar un proyecto con el modelo de orientación, de acuerdo con los intereses personales y vocacionales de un grupo de alumnos.

Para lograr lo anterior se requiere de un mayor compromiso de las diferentes academias en el trabajo colegiado, así como la disposición de colaborar entre ellas. Es una labor compleja dada la heterogeneidad de los perfiles docentes presentes en la ENP, así como la diversidad de categorías y situaciones laborales de los docentes. Sin embargo, es una propuesta desafiante y que sería interesante poner sobre la mesa en futuras sesiones de revisión de planes de estudios y programas o bien, como un indicador del desempeño de los docentes que aspiran ascender en el sistema de estímulos salariales.

Referencias

- Abimbola, I. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72(2), 175-184.
- Adu-Gyamfi, K. (2014). Challenges face by Science Teachers in the Teaching of Integrated Science in Ghanaian Junior High Schools. *Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 59-80.
- Alberts, B., Johnson, A., et al. (2008). Cell Signaling. En: *Molecular biology of the cell*. New York: Garland Science.
- Alvarado-Zamorano, C. (2014). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en la educación media superior de México. *IMEA-UNILA*, 2(2), 60-75, consultado el 26 de septiembre de 2016, en <https://revistas.unila.edu.br/index.php/IMEA-UNILA/article/view/343>
- Amat, J. (2016). Kruskal-Wallis test. *R Pubs*, consultado el 15 de mayo de 2017, en https://rpubs.com/Joaquin_AR/219504
- Amerian, M. y Mehri, E. (2014). Scaffolding in Sociocultural Theory: Definition, Steps, Features, Conditions, Tools, and Effective Considerations. *Scientific Journal of Review*, 3(7), 756-765.
- Anaya-Soto, A. (2006). Diseño instruccional propuesto por Merrill, como una alternativa constructivista para promover el aprendizaje significativo del tema de metabolismo: Respiración Celular de Biología III, del plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. México
- Anónimo (1997). Programa de Estudios de la Asignatura de Temas Selectos de Biología. DGENP, consultado el 20 de octubre de 2016, en <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/sexta/1711.pdf>.
- Anónimo (1997). Programa de estudios de la asignatura de: Biología IV. DGENP, consultado el 20 de octubre de 2016, en <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto/1502.pdf>
- Anónimo (1997). Programa de estudios de la asignatura de: Biología V. DGENP, consultado el 1 de agosto de 2016, en <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/sexta/1613.pdf>
- Anónimo (2017). La industria de la comunicación. Características y objetivos, apuntes de bioquímica. Docsity, consultado el 15 de enero de 2020, en <https://www.docsity.com/es/la-industria-de-la-comunicacion-caracteristicas-y-objetivos/3734834/>
- Anónimo (s.f). Objetivos del Desarrollo Sostenible. México. Agenda2030, consultado el 10 de diciembre de 2019, en <http://agenda2030.mx/#/home>
- Anónimo (s.f.). Laboratorios Avanzados de Ciencias Experimentales. DGENP. Consultado el 12 de septiembre de 2017, en <http://lace.dgenp.unam.mx/Presentacion>
- Baleghizadeh, S. y Memar, A. (2011). A Sociocultural Perspective on Second Language Acquisition: The Effect of High-structured Scaffolding versus Low-structured Scaffolding on the Writing Ability of EFL Learners. *Reflections on English Language Teaching*. 10(1), 43-54.
- Barbour, R. (2013). Los grupos de discusión en investigación cualitativa. Ediciones Morata. Madrid
- Bender, D. (2009). Metabolism of Glycogen. En *Harper's Illustrated Biochemistry*. Vigésima octava Edición. McGraw Hill. USA.
- Bodner, G. y Geelan, D. (2001). The Many Forms of Constructivism. *Journal of Chemical Education*, 78, 1107-1122.
- Cabrera, E. (2014). Condiciones de forma de la situación colaborativa, En *La colaboración en el aula: más que uno más uno*. Aula Abierta Magisterio. Colombia.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, 388-402.
- Castellán-Sánchez, L. A. (2011). Propuesta de actividades experimentales como estrategia didáctica en la enseñanza del tema "Respiración Celular" del Bachillerato Universitario (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Chávez, J. y Morales, M. (2019). Habilidades metacognitivas y regulación cognitiva en estudiantes de psicología. *Revista Electrónica del desarrollo humano para la innovación social*. 6(12).

- Cheung, D. (2018). The key factors affecting students' individual interest in school science lessons. *International Journal of Science Education*, 40, 1-23
- Çimer, A. (2006). Effective Teaching in Science: A Review of Literature. *Journal of Turkish Science Education*, 4(1), 20-44.
- Cliff, W. (2006). Case study analysis and the remediation of misconceptions about respiratory physiology. *Adv Physiol Educ*, 30, 215-233.
- Correa, J., Iral, R. y Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista Colombiana de Estadística*, 29(1), 57-76
- Dunlop, L. (2018). Free-choice learning in school science: a model for collaboration between formal and informal science educators. *International Journal of Science Education*, 9, 13-28.
- Ferrés, J. (2008). Revisión del proceso comunicativo. En *La educación como industria del deseo*. Comunicación educativa. España.
- García, T. (2003). El cuestionario como instrumento de investigación/evaluación. Centro Universitario Santa Ana, consultado el 15 de diciembre de 2019, en http://www.univsantana.com/sociologia/El_Cuestionario.pdf
- Garófalo, S., Alonso, M. y Galagovsky, L. (2014). Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje. El caso del metabolismo de los carbohidratos. *Enseñanza de las ciencias*, 32(3), 151-171
- Gatica-Lara, F. y Uribarren-Berrueta, T. (2012). ¿Cómo elaborar una rúbrica? *Inv Ed Med*, 2(1), 61-65
- Geelan, D. (1997). Epistemological Anarchy and the Many Forms of Constructivism. *Science and Education*, 6, 15-28.
- Gholami, M., Salehi, N., Azizi, E. y Fazli, B. (2016). Private Speech and Cognitive Development: a Review of the Two Theories. *IIOABJ*, 7(1), 262-269
- Gómez, A. y Flores, A. (2009). Bitácora como instrumento metacognitivo de la evaluación. Congreso Internacional de Educación, consultado el 20 de diciembre de 2019, en <https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/09/a200.pdf>
- Guerrero, C. (2007). Applications of Vygotskyan Concept of Mediation in SLA. *Colombian Applied Linguistics Journal*, 9, 213-228.
- Han, H., Kang, G., ..., Koo, S. (2016). Regulation of glucose metabolism from a liver-centric perspective. *Experimental & Molecular Medicine*, 48, 1-10.
- Haspekian, M. y Roditi, E. (2017). Analyzing verbal interactions in mathematics classroom: Connecting two different research fields via methodological tool. *CERME 10*: 2773-2780.
- Helle, L., Tynjälä, P. y Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education-theory, practice and rubber sling shots. *Higher Education*, 51, 287-314
- Hernández, L. (19 de mayo de 2013). Los de pase automático con menos rendimiento que los que hacen examen. *Excelsior*.
- Hernández-Sampieri, R. (2014). Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. En *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill. Sexta Edición. México
- Herrington, A. y Herrington, J. (2008). What is an Authentic Learning Environment? En Herrington, A. y Herrington, J. *Authentic Learning Environments in Higher Education*. Information Science Publishing, 1-14.
- Hoadley, C. (2011). What is a Community of Practice and How Can We Support It? *Research Gate*, consultado el 15 de octubre de 2019, en https://www.researchgate.net/publication/224969242_What_is_a_Community_of_Practice_and_How_Can_We_Support_It
- Hofstein, A. y Lunetta, V. (2003). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hung, D. y Chen, D. (2001). Situated Cognition, Vygotskyan Thought and Learning from the Communities of Practice Perspective: Implications for the Design of Web-Based E-Learning. *Educational Media International*, 38, 3-12.

Ikezawa, Y., Yamatani, K., Ogawa, A., Ohnuma, H., Igarashi, M., ..., Sasaki, H. (1998). Effects of glucagon on glycogenolysis and gluconeogenesis are region-specific in periportal perivenous hepatocytes. *J Lab Clin Med*, 132(6), 547-555.

Jokiranta, K. (2014). *The Effectiveness of Practical Work in Science Education*. University of Jyväskylä. Finlandia

Jones, J. y Monaco, J. (s.f.). *Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos*. Laureate Education, consultado el 3 de diciembre de 2019, en http://hbotoolkit.laureate.net/wp-content/uploads/2015/09/21-PBL_Combined_reviewapproved.engl-EY-QA-xxx.CW-Layout.Engl_final_esLA_.pdf

Jummat, N., Tasir, Z., Abd halim, N. y Ashari, Z. (2017). Project-Based Learning from Constructivism Point of View. *Adv. Sci. Lett*, 23, 7904-7906

Jurado-Cuellar, S. (2015). Plan de desarrollo institucional 2014-2018. DGENP, consultado el 22 de octubre de 2016, en http://dgenp.unam.mx/direccgral/directora/plan_desarrollo_ENP_2014_2018.pdf

Karim, S., Adams, D. y Lalor, P. (2012). Hepatic expression and cellular distribution of the glucose transporter family. *World Journal of Gastroenterology* 18(46), 6771-6781.

Karpov, Y. y Haywood, C. (1998). Two ways to elaborate Vygostsky's concept of mediation. *American Psychologist*, 53(1), 27-36

Kerndt, P., Naughton, J., Discoll, C. y Loxtercamp, D. (1982). Fasting: the history, pathophysiology and complications. *West J Med*. 137(5), 379-199

Kmiec, Z. (2001). Hepatocytes. En *Cooperation of liver cells in health and disease*. Springer. USA

Kvale, S. (2011). *Las entrevistas en investigación cualitativa*. Ediciones Morata. Madrid

Lass, A., Zimmermann, R., Oberer, M. y Zechner, R. (2011). Lipolysis- a highly regulated multi-enzyme complex mediates the catabolism of cellular fat stores. *Prog Lip Res*, 50(1), 14-27

Lave, J. y Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lazarowitz, R. y Penso, S. (1992). High school students, difficulties in learning biology concepts. *Journal of biological education*. 26(3), 215-223.

Lindwall, O. (2008). *Lab work in science education. Instruction, inscription, and the practical achievement of understanding*. Linköping University. Suecia.

Luz, M., Aguiar, G., Ribeiro, C. y Da Poian, A. (2008). Glucose as the Sole Metabolic Fuel: The Possible Influence of Formal Teaching on the Establishment of a Misconception About Energy-yielding Metabolism Among Students from Río de Janeiro, Brazil. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36(6), 407-416.

Martínez Parra, C. (2008). *El cambio conceptual en Genética mediante la estrategia de contrastación de modelos*. (Tesis de maestría) Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en Docencia para la Educación Superior. México.

Martínez-Delgado, A. (2001). Radical Constructivism: Between Realism and Solipsism. *Sci Ed*, 86, 840-855.

Martínez-Godínez, V. (2011). Educación a distancia como solución al rezago estudiantil en la Educación Media Superior. *Revista Mexicana del Bachillerato a Distancia*, 5(3), 102-108.

Mercieca, R. (2017). What is a Community of Practice. In *Communities of Practice*. Springer. UK

Mills, J. y Treagust, D. (2003). Engineering Education -Is Problem-Based or Project-Based Learning the Answer? *Australasian Journal of Engineering Education*, 1-16.

Morales-Hernández, M. (2007). *Evaluación diagnóstica de planes y programas de estudios. El caso de la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM*. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Comercio y Administración. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. México.

Morgan, A. (1983). Theoretical Aspects of Project-Based Learning in Higher Education. *British Journal of Educational Technology*, 14(1), 66-78.

Mueckler, M. y Thorens, B. (2013). The SLC2 (GLUT) family of membrane transporters. *Mol Aspects Med*, 34(2-3), 121-138

- Muskopf, S. (2019). Cell Signaling: How Is Glucose Taken Up by Cells? Libretexts, consultado el 12 de enero de 2020, en [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Ancillary_Materials/Worksheets/Book%3A_The_Biology_Corner_\(Worksheets\)/Cell_Biology/Cell_Signaling%3A_How_Is_Glucose_Taken_Up_by_Cells%3F](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Ancillary_Materials/Worksheets/Book%3A_The_Biology_Corner_(Worksheets)/Cell_Biology/Cell_Signaling%3A_How_Is_Glucose_Taken_Up_by_Cells%3F)
- Nahle, N. (2007). Metabolism. Biology Cabinet, consultado el 10 de diciembre de 2019, en <http://www.biocab.org/Metabolism.html>
- Negueruela-Azarola, E. (2012). Internalization in Second Language Acquisition: Social Perspectives. *The Encyclopedia of Applied Linguistics*.
- Nicaise, M., Gibney, T. y Crane, M. (2000). Toward an Understanding of Authentic Learning: Student Perceptions of an Authentic Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 9, 79-94
- O'Donnell, C., Tharp, R. y Wilson, K. (1993). Activity settings as the unit of analysis: A theoretical basis for community intervention and development. *American Journal of Community Psychology*, 21, 501-520
- Ophardt, C. (2003). Glycogenesis, Glycogenolysis and Gluconeogenesis. Virtual ChemBook, consultado el 3 de mayo de 2017, en <http://chemistry.elmhurst.edu/vchembook/604glycogenesis.html>.
- Ortiz-Antonio, C. (2010). Diseño y valoración de estrategias de enseñanza con un enfoque constructivista para el aprendizaje del tema metabolismo, del programa de Biología III del CCH (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Osborne, J. y Collins, S. (2010). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23, 441-467
- Panasan, M. y Nuangchalem, P. (2010). Learning Outcomes of Project-Based and Inquiry-Based Learning Activities. *Journal of Social Sciences*, 6(2), 252-255.
- Pg Hj Besar, D. (2018). Situated Learning Theory: The Key to Effective Classroom Teaching? *International Journal for Educational, Social, Political and Cultural Studies*, 1
- Pintos, R. (2006). ¿Qué lugar ocupan la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en la formación del grado de maestros? *Cuadernos de investigación educativa*, 2(13), 7-29.
- Robles-Pleiro, H. (2012). La economía basada en el conocimiento. Las condiciones de los estados mexicanos. Razón y palabra, consultado el 26 de mayo de 2016, en <http://www.razonypalabra.org.mx/antiores/n49/bienal/Mesa%2012/HectorRobles.pdf>
- Rojas, A., Morales, J., Sampieri, C., Azamar, J. y Ruiz, G. (2012). Prevalencia y factores asociados a la glucemia anormal en ayuno en sujetos mayores de 15 años de la jurisdicción sanitaria No. VII de Orizaba. *Colecciones Educativas en Educación Pública*, 8, 543-560
- Sánchez, C. y Ríos, H. (2011). La economía del conocimiento como base del crecimiento económico en México. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 8(2), 43-60
- Sánchez, R. (2015). T-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*, 26(1), 59-61.
- Santos-Guevara, B. (2010). Competencias docentes para la enseñanza de ciencias naturales en una institución privada de nivel medio superior en el área metropolitana de Monterrey, NL. (Tesis de Maestría). Escuela de Ciencias de la Educación. México.
- Sartori, G. (1998). *Homo videns. La sociedad teledirigida*. Taurus. Argentina
- Schrire, S. (2006). Knowledge building in asynchronous discussion groups: Going beyond quantitative analysis. *Computers and Education*, 46(1), 49-70.
- Segnini, S. (s.f). Prueba de Hipótesis. Universidad de los Andes, consultado el 16 de diciembre de 2019, en http://webdelpofesor.ula.ve/ciencias/segninis/materias/capitulo_06.pdf
- Shabani, K., Khatib, M. y Ebadi, S. (2010). Vygotsky's Zone of Proximal Development: Instructional Implications and Teachers' Professional Development. *Canadian Center of Science and Education*, 3(4), 237-248.
- Shooshtari, Z. y Mir, F. (2014). ZPD, Tutor; Peer Scaffolding: Sociocultural Theory in Writing Strategies Application. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 98, 1771-1776.

- Smith, E. y Collins, E. (1989). Situated cognition. En *The mind in context*, consultado el 1 de mayo de 2017, en https://www.researchgate.net/publication/235559341_Situated_cognition
- Smith, H. (2007). *The Social and Private Worlds of Speech: Speech for Inter and Intramental Activity*. *The Modern Language Journal*, 91(3), 341-356.
- Suárez, C. (2004). La zona de desarrollo próximo, categoría pedagógica para el análisis de la interacción en contextos de virtualidad. *Pixel-Bit. Revista de medios y educación*, 24, 5-10
- Suárez, C. (2010). Aprendizaje cooperativo e interacción asíncrona textual en contextos educativos virtuales. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 36, 53-67.
- Tamim, S. y Grant, M. (2013). Definitions and Uses: Case Study of Teachers Implementing Project-based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(2), 72-101.
- Tejedor, C. (2014). *Metabolismo del glucógeno*. Universidad de Alcalá, consultado el 20 de agosto de 2019, en http://www3.uah.es/bioquimica/Tejedor/bioquimica_quimica/tema16.htm
- Thomas, J. (2000). *A Review of Research on Project-Based Learning*. TECFA, consultado el 10 de diciembre de 2019, en https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf
- Thompson, I. (2013). The Mediation of Learning in the Zone of Proximal Development through a Co-constructed Writing Activity. *Research in the Teaching of English*, 47(3), 247-276.
- Toche, N. (19 de mayo de 2015). *Matemáticas, ciencia y tecnología, para una economía del conocimiento*. *El Economista*.
- Topçiu, M. y Myftiu, J. (2015). Vygotsky Theory on Social Interaction and its Influence on the Development of Pre-School Children. *European Journal of Social Sciences*, 2(3), 172-179
- Tortora, G. y Derrickson, B. (2006). *El aparato digestivo*. En *Principios de Anatomía y Fisiología*. Décimo tercera edición. Editorial Médica Panamericana. México.
- Van der Stuyf, R. (2002). *Scaffolding as a Teaching Strategy*. *Semantic Scholar*, consultado el 15 de octubre de 2019, en <https://pdfs.semanticscholar.org/4cca/0aa813c2b329e309721bffe4c30613416bb5.pdf>
- Verenikina I. y Gould, E. (1998) *Cultural-Historical Psychology and Activity Theory*. En Hasan H, Gould E. y Hyland P. (eds) *Information Systems and Activity Theory: Tools in Context*. Wollongong University Press, 1-18
- Verenikina, I. (2008). *Scaffolding and learning: its role in nurturing new learners*. En *Learning and the learner: exploring learning for new times*. University of Wollongong. USA
- Yang, P. (2016). *Metabolomics and Lipidomics: Yet More Ways Your Health Is Influenced by Fat*. En *Viral Pathogenesis*. Tercera Edición. Academic Press. USA.

Anexo 1

Alumno:

Calificación:

Pre-test

Contenidos conceptuales

- ¿Cómo llegan los nutrientes que ingerimos al torrente sanguíneo? **(un punto)**.
 - boca, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, torrente sanguíneo.
 - boca, esófago, estómago, intestino delgado, páncreas, torrente sanguíneo.
 - boca, esófago, estómago, intestino delgado, hígado, torrente sanguíneo.
 - boca, esófago, estómago, intestino delgado, páncreas, hígado, torrente sanguíneo.
- Completa los espacios vacíos del siguiente texto, usando las palabras del siguiente recuadro **(5 puntos)**:

Glucógeno, almidón, páncreas, hígado, cerebro, músculo, glucogénesis, glucólisis, catabólico, anabólico

Cuando existe un exceso de glucosa en la sangre, ésta se almacena en forma de _____ –el único carbohidrato de reserva en animales- principalmente en el _____ y en el _____. Dicho proceso se denomina _____ y es un ejemplo de metabolismo _____.

- Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F) **(14 puntos)**.
 - El hepatocito es la célula funcional principal del hígado. ()
 - La glucosa atraviesa las membranas celulares por difusión pasiva. ()
 - La glucogenólisis es un proceso metabólico catabólico que se regula, entre otras hormonas, por la insulina. ()
 - El hígado y el músculo son estructuras que tienen la capacidad de aportar directamente glucosa al torrente sanguíneo. ()
 - La gluconeogénesis es un proceso metabólico en el cual se produce glucosa a partir de otras biomoléculas. ()
 - La cantidad de receptores presentes en la membrana celular siempre es la misma ()
 - La difusión pasiva se entiende como la entrada de una sustancia al interior de la célula facilitada por un transportador o canal iónico ()
 - Ante niveles bajos de glucosa en sangre, el almidón se rompe para poder aportar glucosa al torrente sanguíneo ()
 - El glucagón regula el aumento de glucosa en sangre ()

- j) El anabolismo es el tipo de metabolismo en el que se produce ATP ()
- k) El catabolismo es el tipo de metabolismo en el que se invierte ATP ()
- l) La insulina regula la disminución de glucosa en sangre ()
- m) La glucosa es la única fuente de energía que usa el cerebro, aún en condiciones de ayuno ()
- n) La Glucosa-6-P fosfatasa es la enzima de la que carece el músculo para poder liberar glucosa directamente al torrente sanguíneo ()

5. **Selecciona el inciso que indique la respuesta correcta (20 puntos):**

1. Biomoléculas que son la principal fuente de energía:

- a) lípidos b) carbohidratos c) proteínas d) ácidos nucleicos

2. El glucógeno es un polisacárido constituido por unidades de glucosa, ¿cierto? Indica qué tipo de enlace a las glucosas entre sí:

- a) glucosídico b) peptídico c) conjugado d) fosfodiéster

3. Órgano de los mamíferos que tiene la función de “administrar” la cantidad de glucosa presente en el torrente sanguíneo:

- a) corazón b) páncreas c) hígado d) estómago

4. Órgano de los mamíferos que tiene la función de “regular” la cantidad de glucosa presente en el torrente sanguíneo:

- a) corazón b) páncreas c) hígado d) estómago

8. Región del páncreas que secreta insulina:

- a) células α b) células β c) células F d) islotes de Langerhans

5. Región del páncreas que secreta glucagon:

- a) células α b) células β c) células F d) islotes de Langerhans

6. Proceso metabólico que ocurre en el organismo cuando el glucógeno se agota:

- a) glucogenogénesis b) glucogenólisis c) glucólisis d) gluconeogénesis

7. ¿Cuál es la concentración de glucosa sanguínea en ayuno de una persona sana?

- a) 70-100mg/dL b) 120-150mg/dL c) 220-250mg/dL d) 50-80mg/dL

8. es el nombre del transportador que permite el ingreso de glucosa a la sangre:

- a) Receptor de insulina b) GLUT c) ATP sintasa d) Receptor de glucagon

9. Selecciona la opción que describe a todos los metabolitos involucrados en el ciclo de Cori:

1. glucosa 2. alanina 3. lactato 4. piruvato 5. Glucógeno

- a) 5, 1, 3, 4 b) 5, 1, 2, 4 c) 5, 4, 3, 2 d) 5, 3, 2, 1

10. Selecciona la opción que describe a todos los metabolitos involucrados en el ciclo de Cahill:

1. glucosa 2. alanina 3. lactato 4. piruvato 5. Glucógeno

- a) 5, 1, 3, 4 b) 5, 1, 2, 4 c) 5, 4, 3, 2 d) 5, 3, 2, 1

11. Es la fuente de energía que usa el cerebro cuando la glucosa se agota:

- a) glucógeno b) proteínas c) cuerpos cetónicos d) cuerpos lipídicos

12. ¿De dónde proviene, principalmente, la sangre venosa que ingresa al hígado?

- a) del corazón b) de los pulmones c) del intestino delgado d) del páncreas

13. Si acabas de desayunar, tus niveles de glucógeno serán _____ en comparación con los de glucosa que serán _____

- a) altos, altos b) bajos, bajos c) altos, bajos d) bajos, altos

14. Disolución que se emplea para destruir los tejidos que contienen glucógeno y que por ende, permite extraerlo:

- a) H_2SO_4 5N b) Etanol al 95% c) Na_2SO_4 al 15% d) KOH al 30%

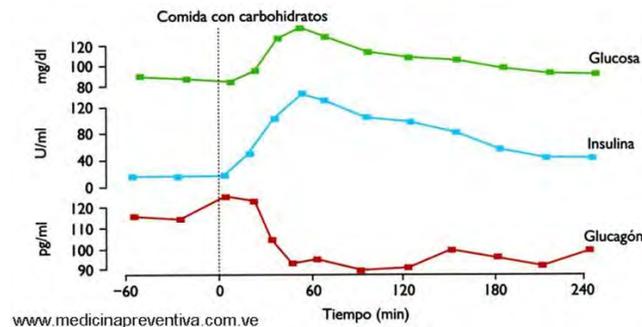
15. Disolución que se emplea para precipitar polisacáridos y eliminar los monosacáridos solubles:

- a) H_2SO_4 5N b) Etanol al 95% c) Na_2SO_4 al 15% d) KOH al 30%

16. Disolución que se emplea para romper los enlaces glucosídicos del glucógeno para obtener glucosa:

- a) H_2SO_4 5N b) Etanol al 95% c) Na_2SO_4 al 15% d) KOH al 30%

6. Observa la siguiente figura e indica la respuesta que mejor explique el contenido de la misma (1 punto):



- a) La glucosa y la insulina se relacionan inversamente es decir, cuando el nivel de la glucosa baja, el de la insulina aumenta.
- b) La glucosa y el glucagón se relacionan directamente es decir, cuando el nivel de glucosa aumenta, también lo hace el de glucagón.
- c) La glucosa y la insulina se relacionan directamente es decir, cuando el nivel de glucosa aumenta, el de insulina también lo hace.
- d) La insulina y el glucagón se relacionan directamente es decir, cuando el nivel de insulina aumenta, también lo hace el del glucagón.

Contenidos actitudinales (sin puntos)

1. Responde las siguientes preguntas:

- a) ¿Consideras que lo que aprendes en clase lo puedes vincular con tu vida cotidiana? Si no

- b) ¿piensas que la diabetes no se puede prevenir, pues es una enfermedad hereditaria? Si no
- c) ¿crees que desayunar influye en tu rendimiento escolar? Si no
- d) ¿consideras que podemos utilizar animales para cualquier investigación de la manera en la que nosotros queramos, pues no sienten y no son tan importantes como los humanos? Si no
- e) ¿podemos tirar los desechos generados en el laboratorio en cualquier lugar, pues se generaron en “harás del conocimiento”? si no

Anexo 2

Examen/infografía: con base en la siguiente rúbrica, elaborarán una infografía con la información que se trabajó en las sesiones trabajadas con el profesor Juan de Dios y con los resultados que recabaron de la observación del video de la práctica experimental (los alumnos que no realizaron participaron en la sesión experimental), de la explicación de la práctica y de la realización de la práctica experimental.

Elementos que debe incluir la infografía:

- La información vista en clase de manera resumida.
- Dicha información debe estar bien estructurada, secuenciada e ilustrada con las imágenes que ustedes consideren pertinentes.
- Deberá contener un tamaño de letra adecuado como para que una persona pueda leerlo con facilidad a un metro de distancia. Que no haya saturación de texto.
- Vincular la información mostrada con una duda o interés que quieran resolver. Por ejemplo: revisamos que la curva de glucosa en un paciente sano oscila entre 70 y 200mg/dL, ¿cierto? ¿Por qué en los pacientes diabéticos los niveles de glucosa son más elevados?
- Algunas cuestiones que pueden resolver –mas no las únicas- son las siguientes:
 1. Si el músculo no puede aportar glucosa directamente al torrente sanguíneo, ¿cómo participa en la homeostasis de este monosacárido?
 2. ¿En qué se diferencia la diabetes tipo I del tipo II?
 3. ¿Por qué duele el cuerpo cuando hacemos ejercicio intensamente?
 4. ¿Cuál es el mecanismo de acción de la metformina (un fármaco para prediabéticos)?
 5. ¿De dónde se puede obtener energía cuando el glucógeno hepático se ha agotado?
 6. ¿Es cierto el mito de que un susto o coraje desencadenan la aparición de la diabetes?
- Deberán enviar su borrador de cartel, como máximo, 72 horas antes de la sesión de revisión, para que puedan recibir correcciones y sugerencias antes de que lo impriman.

La rúbrica con la que se evaluará la infografía es la siguiente:

Criterios	Nivel			
	3	2	1	0
<i>De contenido</i>				
El equipo diferencia y define el concepto de glucólisis, glucogénesis, glucogenólisis y gluconeogénesis	La diferenciación y definición entre conceptos es clara y concisa	Los conceptos se diferencian y se definen con cierta ambigüedad	Existe inconsistencia en la diferenciación y definición de los conceptos	No diferencia los conceptos ni puede definirlos
Asocia cada uno de los procesos anteriores a un estado alimenticio particular: saciedad, estado absortivo, estado posabsortivo, ayuno de 24 horas e	El equipo distingue en qué momento ocurre la glucogénesis, la glucogenólisis y la gluconeogénesis en relación a un estado alimenticio particular.	El equipo distingue los momentos mencionados y los asocia a un estado alimenticio, pero con ambigüedad.	Hay inconsistencia en la distinción de los procesos metabólicos y el estado alimenticio en el que ocurren.	No asocia los procesos con un estado alimenticio particular.

inanición de siete días				
Localiza el sitio en el que se encuentra la glucosa libre, el glucógeno y los cuerpos cetónicos	Identifica el sitio en el que se encuentra el glucógeno y la glucosa libre, sin confusiones.	Identifica el sitio en el que se encuentra el glucógeno y la glucosa libre, con algunas confusiones que se resuelven discutiendo entre sí.	Tiene problemas para diferenciar al glucógeno de la glucosa libre, aún discutiendo entre sí.	No identifica el sitio en el que se encuentra el glucógeno y la glucosa libre
Tiene noción de porque la glucosa debe mantenerse en un intervalo constante	El equipo tiene noción de la homeostasis de la glucosa	El equipo confunde como se lleva a cabo la homeostasis de la glucosa, pero pueden resolver dicha confusión discutiendo entre ellos.	El equipo confunde como se lleva a cabo la homeostasis de la glucosa, aún discutiendo entre sí.	El equipo no tiene nociones de la homeostasis de la glucosa
Identifica en qué órganos se realiza la glucogénesis y glucogenólisis	Los identifica con facilidad.	Hay confusión en su identificación, pero discutiendo entre ellos se resuelve.	Hay confusión en la identificación, que ni discutiendo entre ellos se resuelve.	No los identifica
Identifica a qué órganos vincula los ciclos de Cori y Cahill y en qué consiste	Identifica los órganos vinculados a los ciclos de Cori y de Cahill y explica adecuadamente en qué consiste cada uno	El equipo identifica los órganos vinculados, pero hay ambigüedad en la explicación de los ciclos	Hay inconsistencia en los órganos involucrados a los ciclos, así como en la explicación de éstos	No identifica los órganos vinculados a los ciclos ni puede explicarlos
Relaciona la glucogénesis, glucogenólisis y la glucodinámica con las hormonas y enzimas que las regulan	El equipo relaciona estos procesos metabólicos con la cantidad de glucosa presente en sangre, así como las enzimas y hormonas reguladoras	El equipo relaciona los procesos y la glucodinámica con las hormonas y enzimas reguladoras, pero con cierta ambigüedad	Hay inconsistencia en la relación de los procesos metabólicos con la glucodinámica y las hormonas y enzimas que las regulan	No relaciona la glucogénesis ni la glucogenólisis con la glucodinámica ni con las enzimas ni hormonas reguladoras
Identifica la anatomía y fisiología del páncreas	El equipo identifica a los Islotes de Langerhans como secretores de insulina y glucagon	Identifica, con ambigüedad, el papel de los Islotes de Langerhans en la secreción de insulina y glucagón	El equipo identifica al páncreas como secretor de insulina y glucagon, pero no relaciona la secreción con los Islotes de Langerhans	El equipo no identifica al páncreas como secretor de insulina y glucagon
Explica detalladamente el proceso mediante el cual los carbohidratos se incorporan al	El educando en su explicación vincula los niveles de glucosa con el almacenamiento o liberación de este monosacárido, con la	En la explicación vincula los niveles de glucosa con la liberación o almacenamiento de la glucosa, así como	El equipo omite uno o más aspectos relacionados con el control de los	El equipo no puede explicar el proceso

torrente sanguíneo o bien, se retienen de éste	secreción de hormonas determinadas, las enzimas activadas y los cambios en la cantidad de receptores GLUT en membrana.	las enzimas y hormonas reguladoras, los receptores GLUT pero con cierta ambigüedad.	niveles de glucosa en sangre.	
Tiene clara la relación hígado-páncreas-intestino delgado-sistema porta-hepático-circulación general-músculo esquelético en el proceso de homeostasis de glucosa	El equipo identifica y enuncia el flujo de los nutrientes desde el intestino delgado hasta la circulación general así como los órganos participantes.	Si bien, el equipo identifica y enuncia el flujo de nutrientes, muestra algunos vacíos en los órganos participantes.	El equipo identifica el flujo de nutrientes, pero con varias deficiencias en el contenido.	El equipo no identifica el flujo de nutrientes, ni los órganos involucrados.
Describe la anatomía y fisiología del hígado, como principal órgano "administrador" de glucosa sanguínea	El educando identifica al hepatocito como unidad funcional del hígado, describe detalladamente su anatomía y define claramente su papel como administrador de glucosa.	Identifica al hepatocito como unidad funcional del hígado; describe con algunas deficiencias su anatomía pero con claridad su papel como administrador de glucosa.	Si bien, identifica al hepatocito como unidad funcional del hígado, tiene deficiencias en la explicación de su anatomía y fisiología.	El equipo no identifica al hepatocito como unidad funcional del hígado, ni es capaz de explicar su anatomía ni su fisiología.
Promedio contenido				/36
<i>De la vinculación de la información con alguna duda o interés del equipo</i>				
Originalidad de la duda o interés	La duda o interés que el equipo vincula con el contenido teórico está bien estructurado y desarrollado. La idea es de él.	El equipo se guio en los ejemplos presentados pero el contenido teórico está bien estructurado y desarrollado o bien, hay algunas inconsistencias en la estructura y desarrollo, pero la idea es del equipo.	El equipo se guio en los ejemplos presentados y el contenido tiene algunas inconsistencias o, hay errores considerables en la estructura y desarrollo, pero la idea es del equipo.	El equipo se guio en los ejemplos presentados y el contenido presenta errores considerables.
Pertinencia de las fuentes consultadas	Todas las fuentes de información que emplean para resolver su duda o interés son provienen de medios confiables o son artículos científicos.	Las fuentes de información provienen de medios confiables, pero no emplean ningún artículo científico.	La mayoría de las fuentes consultadas son de medios confiables.	Las fuentes consultadas no son confiables (Wikipedia, Rincón del Vago, Buenas Tareas, etc).
Vinculación con contenidos de otras asignaturas	El equipo relaciona claramente el contenido del cartel con temas vistos en química, física u otra asignatura.	Existe relación del contenido con temas de otras asignaturas, pero ésta no está bien integrada.	La relación del contenido con temas de otras asignaturas es pobre.	No hay relación del contenido del cartel con temas de otras asignaturas.

Relación del metabolismo con otros temas biológicos	El equipo relaciona claramente el contenido del cartel con temas vistos en biología IV o V.	Existe relación del contenido con otros temas biológicos, pero ésta no está bien integrada.	La relación del contenido con otros temas de biología es pobre.	No hay relación del contenido del cartel con temas de otras asignaturas.
Promedio vinculación de la información				/8
<i>De la elaboración y presentación</i>				
Sobre la presentación de la información	Utiliza colores llamativos, no hay saturación de texto, usa imágenes adecuadas, la presentación es novedosa.	El texto y las imágenes son adecuados, pero no usa colores llamativos ni la presentación es novedosa.	Aunque presenta imágenes, éstas no son adecuadas, hay saturación de texto, no usa colores llamativos ni la presentación es novedosa.	No hay imágenes y se aprecia saturación del texto, no usa colores llamativos ni la presentación es novedosa.
Tiempos de revisión y de entrega	El equipo entregó el cartel a tiempo para revisión previa y para su presentación final.	El equipo entregó tarde el cartel para revisión previa pero a tiempo para su presentación final.	El equipo no entregó el cartel para revisión previa pero a tiempo para su presentación final.	El equipo no entregó el cartel a tiempo para revisión previa ni para su presentación final.
Trabajo colaborativo	Todos los integrantes conocen el contenido del cartel.	Pese a que todos los integrantes conocen el contenido, se aprecia la dominancia de al menos un integrante.	El dominio del contenido se aprecia en sólo un integrante. Los demás lo conocen, pero muestran confusiones.	Sólo algunos o ningún integrante conoce el contenido del cartel.
Ortografía y redacción	El cartel no presenta ningún error ortográfico y la redacción es clara y concisa.	El cartel presenta algunos errores ortográficos pero está bien redactado.	El cartel tiene bastantes errores ortográficos y algunos errores de redacción.	El cartel tiene bastantes errores ortográficos y la redacción deja mucho que desear.
Exposición y apropiación de la información	Manejo adecuado del tiempo de presentación, tono de voz claro y fuerte, conoce y domina el tema de exposición.	El equipo o utilizó más tiempo del indicado o su tono de voz no es claro ni fuerte o bien, tuvo algunos vacíos de contenido.	El equipo tiene dos deficiencias de las tres evaluadas.	Tiempo excesivo de presentación, el tono de voz no es fuerte ni claro y tiene vacíos considerables de contenido.
Citas y referencias bibliográficas	El equipo cita y refiere toda la información mostrada, sin errores, en formato APA.	El equipo tiene algunos errores en las citas o en las referencias mostradas.	El equipo tiene bastantes errores en el citado y referenciado del cartel.	El equipo plagio la información contenida en el cartel, lo cual invalida la presentación de éste.
Promedio elaboración y contenido				/16
Calificación:				

Anexo 3

Protocolo de la práctica de extracción de glucógeno de hígado y músculo en ratas

Premisas:

- 1) En condiciones normales, el 10% del peso del hígado y el 1-2% del músculo son glucógeno.
- 2) Por lo tanto, en 1g hígado de rata sin ayuno se espera encontrar 100ug de glucógeno y, en una con ayuno de 24 horas -partiendo de la misma cantidad de hígado- no se espera encontrar este polisacárido.
- 3) Se espera que la masa total del hígado proveniente de la rata con ayuno de 24h sea aproximadamente 10% menor que el hígado de la rata sin ayuno.
- 4) En 1g de músculo –tanto de rata con de 24h ayuno, como sin ayuno- se esperan encontrar de 10 a 20ug de glucógeno. No se esperan diferencias porque el glucógeno muscular no se puede movilizar inmediatamente de este tejido al torrente sanguíneo por la incapacidad de convertir la Glu-1-P a Glu-6-P.
- 5) En el hígado proveniente de la rata con un ayuno de 2 días tampoco se espera encontrar glucógeno y la diferencia de masa de éste (en relación al hígado de una rata sin ayuno) será mayor al 10% -por procesos gluconeogénicos-.
- 6) En 1g de músculo proveniente de una rata con ayuno de 2 días, se espera que el glucógeno hepático ya se haya movilizado (debido al Ciclo de Cori) por ende, se esperan encontrar diferencias entre músculo proveniente de una rata con este ayuno y una sin ayuno.
- 7) Dado que el glucógeno mantiene los niveles de glucosa relativamente estables, se espera que el contenido de este monosacárido sea semejante entre ratas sin y con ayuno de 24h.
- 8) En ratas con ayuno de 2 días, la glucosa sanguínea proviene de fuentes gluconeogénicas, por lo que se espera encontrar cuerpos cetónicos en la sangre de éstas y una ausencia de éstos en la sangre de ratas sin ayuno y un contenido menor de este monosacárido en ratas con ayuno de 2 días en comparación con ratas sin ayuno.

Condiciones:

- 1) Las condiciones que se trabajarán son las siguientes: control (sin ayuno), ayuno de 24 horas y ayuno de 2 días
- 2) Se requerirán dos ratas control, dos con ayuno de 24 horas y cuatro ratas con ayuno de 2 días. Son dos ratas por condición dado que cada una se realiza por duplicado. Una de las ratas que estén en tratamiento de ayuno por dos días estará como reserva, por ende, sólo se sacrificará en caso de ser requerido.
- 3) Cada equipo trabajará con el hígado, el músculo y la sangre de la rata que les sea asignada.

Protocolo (modificado de Sancho)

Material

- Tubos de ensayo (2 por equipo)
- Tubos Falcon de 15mL (8 por equipo)
- Pipetas (8 por equipo)
- Camisas de centrífuga (2 por equipo)
- Platos de balanza
- Cubetas de hielo (una por equipo)
- Centrífuga
- Vaso de precipitados (uno por equipo)
- Tela de asbesto (una por equipo)
- Tripie (uno por equipo)
- Mechero (uno por equipo)
- Papel indicador de pH (potenciómetro)
- Balanza analítica
- Bisturí (2 por equipo) (con hojas)
- Trapos
- Charolas de disección (una por equipo)
- Pinzas de disección (dos por equipo)
- Tijeras (dos por equipo)
- Micropipetas o jeringas para insulina
- Gotero (uno por equipo)
- Frascos de Gerber para cada reactivo
- Pinzas
- Papel toalla
- Papel filtro

Reactivos

- KOH al 30%
- Na₂SO₄ al 15%
- Etanol
- H₂SO₄ 5N
- NaOH 5N
- Fenolftaleína (en etanol)
- Benedict cualitativo
- Na₂CO₃ al 2% en NaOH 1M
- Glucocinta
- Agua destilada
- Hielo
- Isoflorano al 100%

Reactivo biológico: ratas macho juveniles bajo las condiciones de alimentación mencionadas anteriormente.

Procedimiento experimental.

El mismo día, previamente a la realización de la práctica, se prepararán las disoluciones necesarias en la elaboración de la práctica. Los alumnos indicarán las cantidades necesarias para su elaboración haciendo los cálculos pertinentes.

Con la sangre

Antes del sacrificio de las ratas, hacer un pequeño corte (de aprox. 2mm) en la cola de la rata y colocar una gota de sangre en el cuadro de glucosa y otra en el cuadro de cuerpos cetónicos de la glucocinta. Comparar con el indicador la cantidad de glucosa y de cuerpos cetónicos presentes.

Sacrificio de las ratas

En un tupper se introduce un trozo de algodón empapado de isofluorano al 100%, se cierra herméticamente el tupper y se deja esperar 5 minutos. Posteriormente se van introduciendo las ratas, se hermetiza el tupper y se deja esperar 3 minutos aprox. Se verifica si la rata está muerta estimulando con la pinza un párpado, si ésta tiene aún el reflejo de parpadeo se introduce otros dos minutos al tupper. Finalmente, se disloca cervicalmente con unas pinzas.

Con el hígado (2 alumnos del equipo)

Una vez sacrificadas las ratas, se procederá a extraer el hígado de éstas. Para ello, se humedecerá el abdomen con alcohol y se hará un primer corte con el bisturí en la parte central del abdomen a la altura de los muslos posteriormente, con unas tijeras, se hace un corte en forma de "Y" y se levanta con unas pinzas la piel de la zona.

Se procede a hacer una exploración de las vísceras abdominales y después se extrae el hígado, se limpia de modo que no queden restos de peritoneo y se pesa en una balanza. Anotar el peso. Posteriormente se cortarán dos trozos de hígado de aproximadamente 1g cada uno (anotar el peso exacto). En animales con ayuno se debe pesar un poco más de un gramo.

La cantidad de hígado pesada se introducirá en un tubo Falcon y se añadirán 2 mL de KOH al 30%. Incubar los tubos en baño maría hirviendo durante 15 minutos con agitación ocasional, hasta que se complete la digestión del tejido (que no queden partículas en suspensión). Posteriormente se enfriará el tubo bajo el grifo.

Centrifugar la mezcla durante 5 minutos a 3000 rpm para eliminar los restos de tejido no digerido. Para que los tubos pesen lo mismo, igualar el volumen de los tubos con la disolución de KOH.

Pasar cuidadosamente los sobrenadantes de cada tubo a otro nuevo (previamente pesados), a los que se les añadirán 0,2 mL de Na₂SO₄ al 15%, y 4 mL de etanol. Agitar cuidadosamente la mezcla para poner en contacto a todos los componentes. Dejar reposar en hielo 15-20 minutos, para provocar la precipitación del glucógeno extraído. El tubo que se desocupa se lava y se pone a secar durante los 15-20 minutos de reposo.

Centrifugar 5 minutos a 3000 r.p.m. para sedimentar el glucógeno (cuidar que el volumen de los tubos sea igual). Desechar el sobrenadante y retener el precipitado que debe ser de color café-blanco: esto es el glucógeno. Colocar el tubo invertido sobre papel toalla y obtener el peso del precipitado (restando el peso del tubo con glucógeno del peso del tubo sin contenido). Anotar el peso.

Dado que el glucógeno es un polímero, se requiere de la hidrólisis de éste para obtener glucosa. Agregar al glucógeno obtenido 1mL de H₂SO₄ 5N, tapar el tubo con papel filtro y se pone a baño maría hirviendo durante 45 minutos, evitar la pérdida de muestra. En este periodo de tiempo se realizan los cálculos para conocer con qué cantidades de reactivo se realizaron las disoluciones.

Aforar el tubo a 2mL con agua destilada y añadir 2-3 gotas de fenolftaleína que actuará como indicador en la neutralización. Para neutralizar, titular con NaOH 5N y agitar bien hasta que se obtenga un pH 8 o superior. Para comprobar el pH se emplea el papel indicador.

En un tubo de ensayo se colocan 5mL de Benedict cualitativo y se calienta en baño maría durante 5 minutos, añadir 8 gotas del hidrolizado de glucógeno y hervir durante un minuto. Una turbidez verde indica la presencia de glucosa de 0.1 a 0.3%, un precipitado de color naranja indica que la concentración es mayor a 1.5%. Verificar la concentración con el estándar realizado por el profesor.

Con el músculo (2 alumnos del equipo)

Repetir el procedimiento realizado con el hígado, pero partiendo de 2g de tejido muscular.

Tabla para concentrar los datos

Condición experimental	Glucosa	Cuerpos cetónicos	Peso de hígado	Peso Falcon vacío	Glucógeno (peso con glucógeno menos peso tubo vacío)	Coloración al Benedict	% aprox de Glucosa
Control (1)							
Control (2)							
Ayuno 24h (1)							

Ayuno 24h (2)							
Ayuno 7d (1)							
Ayuno 7d (2)							

Cálculos de concentración, molaridad y normalidad para elaborar las disoluciones

¿Cuántos gramos de KOH se deben pesar para elaborar 50mL de la disolución de KOH al 30%?

Peso molecular:

Pureza:

¿Cuántos gramos de Na₂SO₄ se deben pesar para elaborar 5mL de la disolución de Na₂SO₄ al 15%?

Peso molecular:

Pureza:

¿Cuántos mL de EtOH al 90% se necesitan para elaborar 50mL de EtOH de al 70%?

¿Cuántos mL de H₂SO₄ se necesitan para elaborar 25mL de H₂SO₄ 5N?

Densidad:

Pureza:

Referencias

Sancho-López, P. (sin fecha). Aislamiento de glucógeno hepático y obtención de glucosa. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Facultad de Farmacia. Universidad de Alcalá de Henares, consultado el 23 de octubre de 2016 en, <http://www3.uah.es/bioquimica/Sancho/farmacia/practicas/glucogeno.pdf>

Anexo 4

Las siguientes páginas serán la guía de clase para abordar los contenidos teóricos del tema de glucogénesis y glucogenólisis. Es muy importante que las lleves a clase durante las sesiones de trabajo pues, la respuesta -en clase- de las preguntas que ésta incluye permitirá elaborar un cartel monográfico que englobará toda la información presentada.

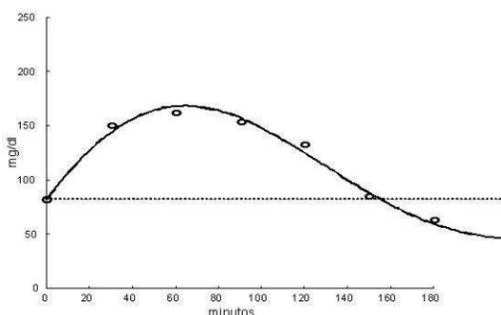
Sesión 1

Apertura

El día de hoy los alumnos interpretarán, con la información proporcionada, las curvas de tolerancia a la glucosa de dos individuos para posteriormente cuestionarse sobre cómo son los niveles de glucosa sanguíneos en diferentes estadios de ayuno. Finalmente se introducirán a las hormonas que regulan los niveles de glucosa en sangre.

Desarrollo

Observen el siguiente gráfico:

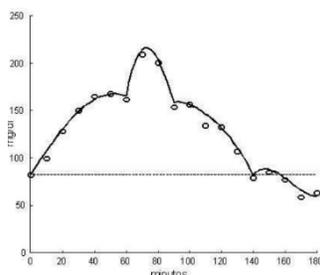


El gráfico muestra una curva de tolerancia a la glucosa. En éste, se grafica la cantidad de glucosa presente en la sangre de un individuo a lo largo de 180 minutos. En el minuto cero se midió la concentración de este monosacárido, después se le dio a beber 250mL de una disolución de glucosa al 30% y posteriormente se hicieron mediciones de glucosa cada 30 minutos. La línea punteada indica el nivel de glucosa al inicio de las mediciones (nivel basal).

Una vez observado el gráfico y leído su descripción discutan lo siguiente:

- ¿Cuál es la concentración de glucosa basal?
- ¿Por qué se eleva la cantidad de glucosa en sangre? ¿Por qué disminuye después de 60 minutos?
- ¿Cuál es la máxima concentración de glucosa que se alcanza?
- ¿Cuántos minutos transcurren para que se restablezca el nivel de glucosa basal?
- Está establecido que la concentración de glucosa sanguínea en ayuno de una persona normal oscila entre 70 y 100 mg/dL y que después de la ingesta de los 250mL de glucosa, la concentración del monosacárido no exceda los 200mg/dL: ¿se puede decir que la persona a quien se le hizo la prueba está sana?
- Si la disolución de glucosa está al 30%, ¿Cuántos gramos de glucosa contiene?

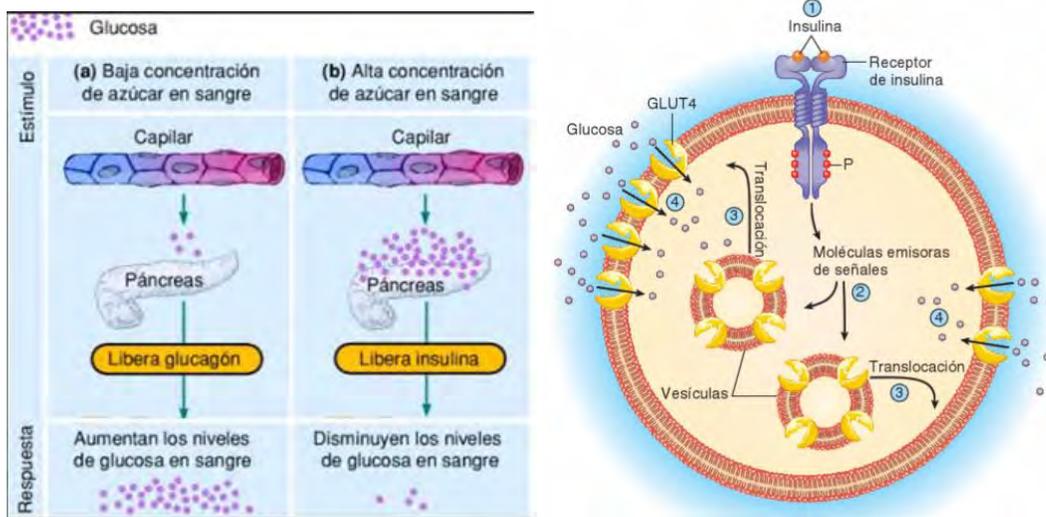
Ahora observa la curva de un segundo individuo¹:



Una vez contestadas las mismas preguntas de la sección anterior, a qué conclusión llegan: ¿también es una persona sana? Justifiquen su respuesta.

En ambos sujetos se aprecia una cantidad de glucosa sanguínea menor que la basal alrededor del minuto 180, ¿cierto? ¿A qué lo atribuyen?

Analicen las siguientes figuras^{2,3}:



La imagen izquierda muestra que cuando los niveles de glucosa sanguíneos aumentan, se libera insulina y con ello disminuyen los niveles de glucosa en sangre. Con el glucagón ocurre lo opuesto, cuando los niveles de glucosa en sangre disminuyen, se libera esta hormona, generando un aumento en los niveles de glucosa sanguínea. La imagen derecha muestra el mecanismo por el cual la insulina reduce los niveles de glucosa sanguíneos: 1) la insulina se une a su receptor, lo cual desencadena; 2) la liberación de “moléculas generadoras de señales”; 3) estas moléculas inducen que una mayor cantidad de receptores de glucosa (GLUT) se localicen en la membrana para; 4) favorecer que ingrese una mayor cantidad de glucosa al interior de las células.

¹ Ambas curvas mostradas fueron tomadas de Trujillo-Arriaga, HM. (2007). *La curva de tolerancia a la glucosa oral. Un enfoque alternativo*. ContactoS 64, 21-24

² Imagen de insulina y glucagón modificada de: Curtis, H. (2015). *Invitación a la Biología en contexto social*. Editorial Médica Panamericana. pp 512. Buenos Aires.

³ Imagen de receptor de insulina: Fox, S.I. (2014). *Fisiología Humana*. 13ª edición Mc Graw Hill. pp 347. México.

- ¿Las figuras les permiten explicar el comportamiento de las curvas de tolerancia a la glucosa? Justifiquen su respuesta.
- Indiquen en la curva del sujeto sano en qué intervalo de tiempo actúa el glucagon y en cual actúa la insulina. ¿qué ocurre en el intervalo de 0 a 60 minutos? ¿cuál de las dos hormonas se está expresando? ¿por qué?
- ¿El glucagon hace que se expresen más receptores GLUT en la membrana? Justifiquen su respuesta

Cierre de la sesión

1. Enuncien los conceptos abordados en la sesión del día de hoy.

2. Relaciónenlos por medio de un mapa mental.

3. Rellenen el siguiente cuadro:

¿Qué aprendí?	¿Qué hice?	¿Cómo me sentí?

Sesión 2

Apertura

Retomar la curva de tolerancia de glucosa del sujeto sano y las hormonas asociadas a ésta. ¿Qué ocurriría si, pasados los 180 minutos, los sujetos comieran o, en su defecto, si se mantuvieran sin comer por dos o tres horas más?, ¿Cómo variarían los niveles de glucosa medidos en cada uno de los casos mencionados? ¿Y si no comieran en 24 horas? En un caso extremo, imaginen que estos sujetos tienen un accidente aéreo, sobreviven y quedan varados en medio de los Andes durante una semana: ¿qué ocurriría con sus niveles de glucosa? Discutan sus respuestas.

Desarrollo

Introducción a la glucogénesis y glucogenólisis.

Hagan la lectura de la sección de Glucogénesis y Glucogenólisis de Fox (2011). Identifiquen los conceptos e ideas principales. Una vez leída la sección: ¿las respuestas que dieron a las preguntas anteriores se mantienen sin cambio? En caso negativo, cuales son ahora sus respuestas.

Presentación de videos para reforzar los contenidos de glucogénesis y glucogenólisis. Participación del hígado y del páncreas

Observen con atención los siguientes videos disponibles en YouTube: *Metabolismo de la glucosa video animado* glucogénesis (<https://www.youtube.com/watch?v=fgkkY2yirlw>) y *Glucogenólisis: Degradación del glucógeno* (<https://www.youtube.com/watch?v=g0cH6Z8DHv4>). Tomen nota de los procesos y enzimas que se presentan.

Procesos	Enzimas mediadoras	Hormonas mediadoras

- ¿La glucogénesis a que hormona se vincula? ¿Y la glucogenólisis? ¿A qué enzimas activan cada una? Justifiquen su respuesta.
- ¿Qué órganos están relacionados a estas rutas metabólicas? ¿Cuál es la función de cada uno?
- ¿La glucogénesis es un proceso anabólico o catabólico? ¿Y la glucogenólisis? Justifiquen

- ¿Cuál es el producto final de la glucogenólisis? ¿A qué ruta metabólica se puede dirigir? ¿Por qué?
- En el video se menciona que tanto el hígado como el músculo esquelético llevan a cabo ambos procesos pero, el músculo NO aporta glucosa directamente al torrente sanguíneo. Con la información presentada deduce de que enzima carece el musculo que no le permite hacer dicha aportación.
- ¿Qué es el ciclo de Cori? ¿Ocurre antes o después de hacer ejercicio? Justifica.
- Dibuja un esquema en el que asocies a estas dos rutas metabólicas con las ya vistas previamente en clase (glucólisis, ciclo de Krebs, respiración oxidativa, fermentación láctica).

El papel del páncreas, del intestino delgado y el sistema porta-hepático

Hasta este momento se ha revisado que en el hígado se llevan a cabo tanto la glucogénesis como la glucogenólisis y que el páncreas secreta a la insulina y al glucagón: ¿cierto? Pero, ¿Cómo llega la glucosa que ingerimos al hígado? ¿Quién la absorbe?, ¿Cómo se distribuye la glucosa que libera el hígado por todo el cuerpo? ¿En qué parte del páncreas se secreta cada una de las hormonas producidas por éste? Discutan y respondan estas interrogantes.

Una vez respondidas estas interrogantes, observen y analicen las siguientes imágenes⁴:

⁴ Imágenes del páncreas y del intestino tomadas de: Fox, S.I. (2014). *Fisiología Humana*. 13ª edición Mc Graw Hill. pp 347. México.

Imagen del sistema porta-hepático tomada de <http://paralosedelb.blogspot.mx/2014/07/aparato-digestivo-y-circulatorio-ciclo.html>

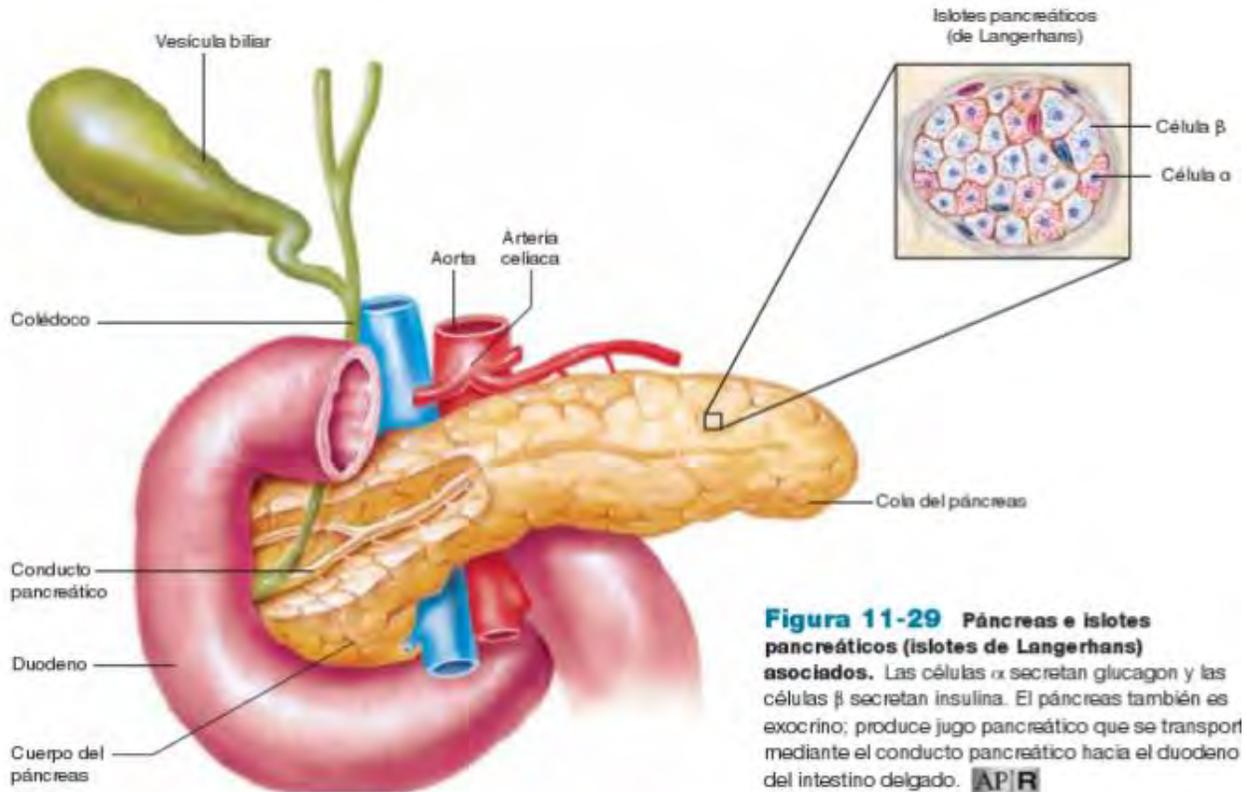
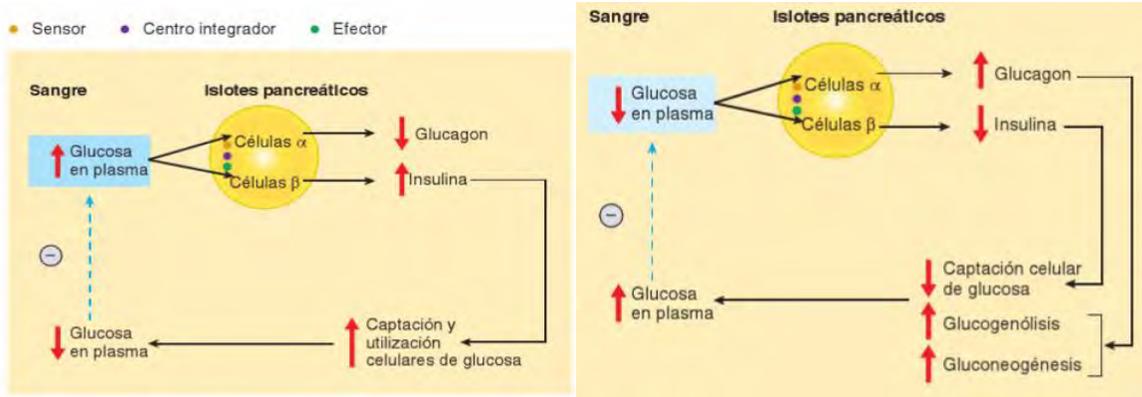
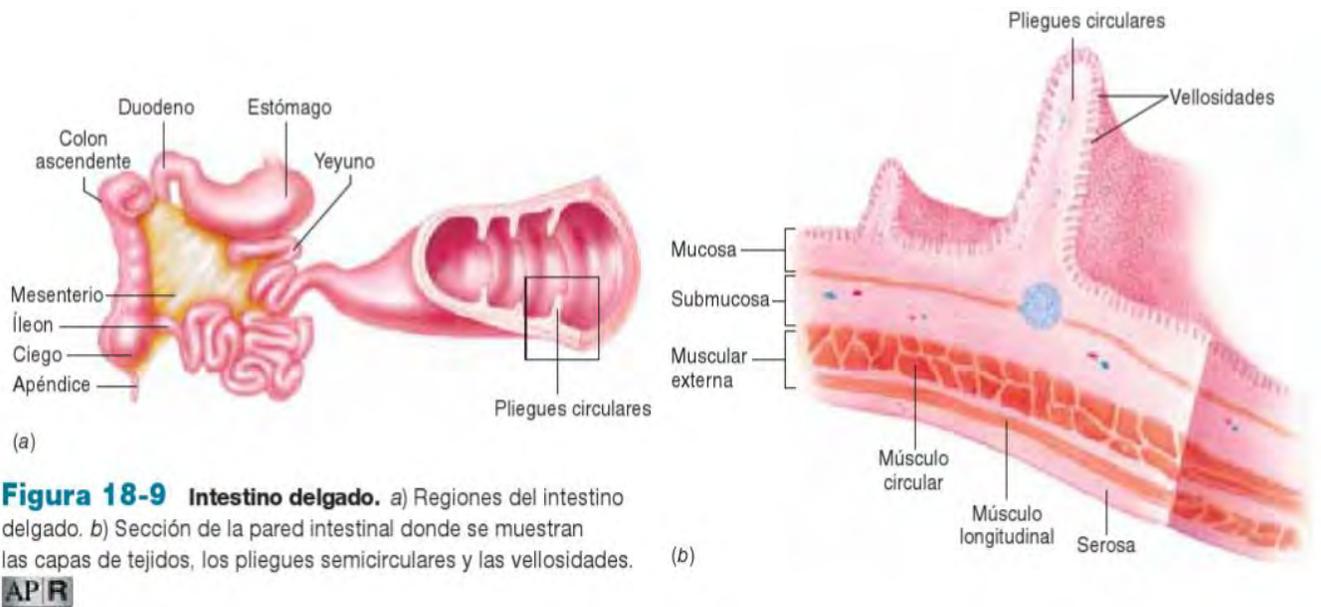


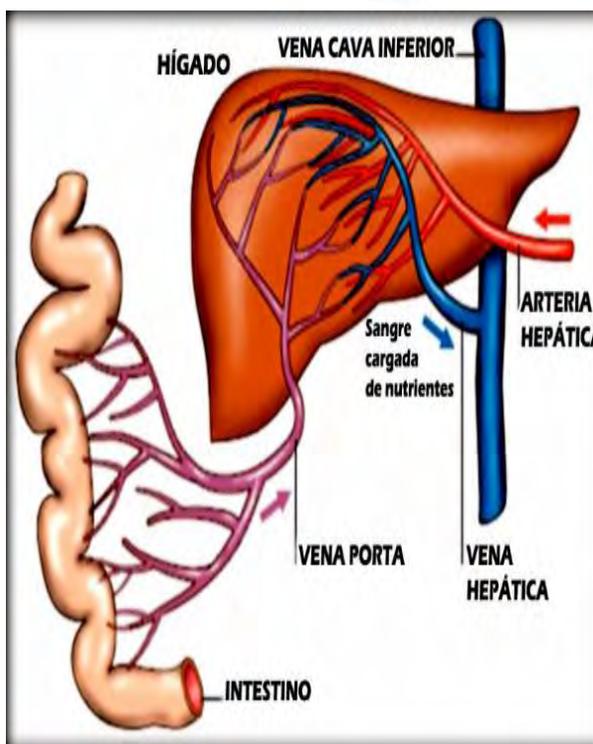
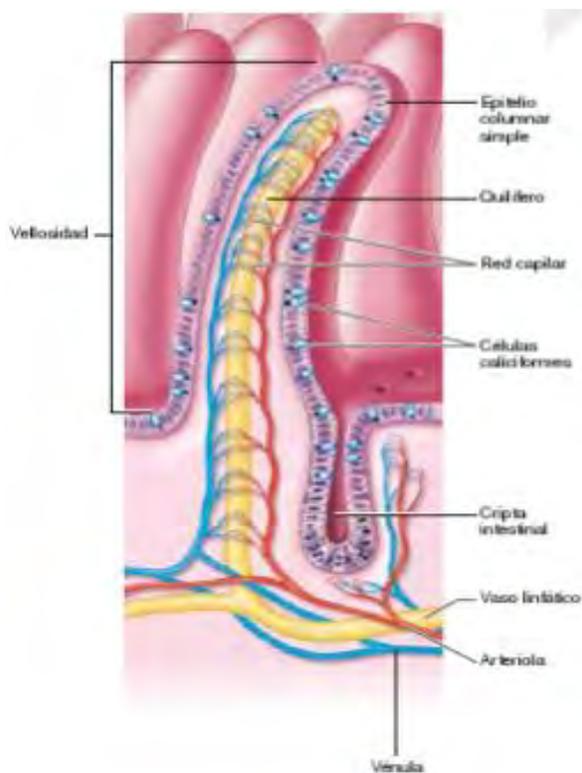
Figura 11-29 Páncreas e islotes pancreáticos (islotes de Langerhans) asociados. Las células α secretan glucagon y las células β secretan insulina. El páncreas también es exocrino; produce jugo pancreático que se transporta mediante el conducto pancreático hacia el duodeno del intestino delgado. **AP/R**



La imagen superior muestra la anatomía del páncreas. El esquema destaca que este órgano está formado por islotes de Langerhans, los cuales a su vez se componen por células α (secretoras de glucagon) y por células β (secretoras de insulina). Estas hormonas se liberan a la circulación sanguínea. Además de éstas, el páncreas también libera enzimas digestivas como la amilasa (entre muchas otras) al intestino delgado. Las imágenes de la parte inferior resume lo que ya se ha abordado: la liberación de cada hormona de acuerdo a la cantidad de glucosa presente en sangre y a la ruta metabólica que se asocia.



Esta imagen hace un esbozo de la anatomía del intestino delgado. Obsérvese a la derecha los pliegues que tiene el intestino delgado, los cuales aumentan la superficie de absorción

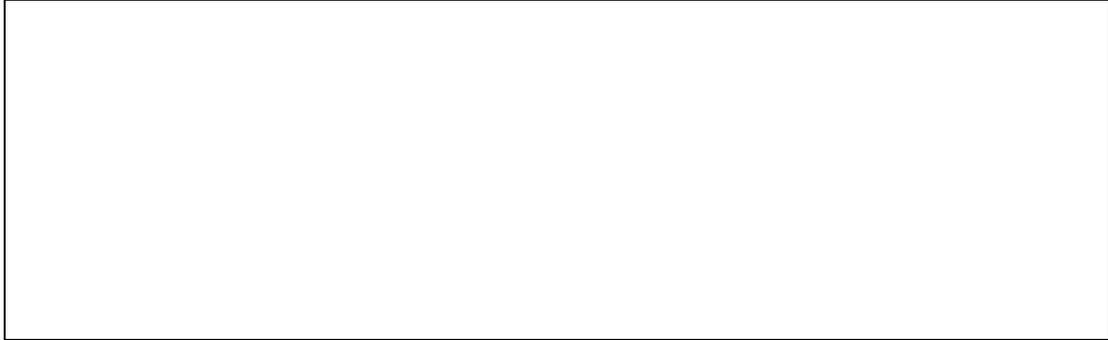


A la izquierda pueden apreciarse los pliegues intestinales que presentan vellosidades ricamente irrigadas por vasos sanguíneos y linfáticos. La imagen derecha ilustra cómo la sangre que abandona las vellosidades lo hace por medio de la vena porta, que desemboca en el hígado (sistema porta hepático). El hígado, entre otras funciones, absorbe el exceso de glucosa presente en la sangre y lo almacena en forma de glucógeno. La sangre, una vez “filtrada” por el hígado, se incorpora a la circulación general.

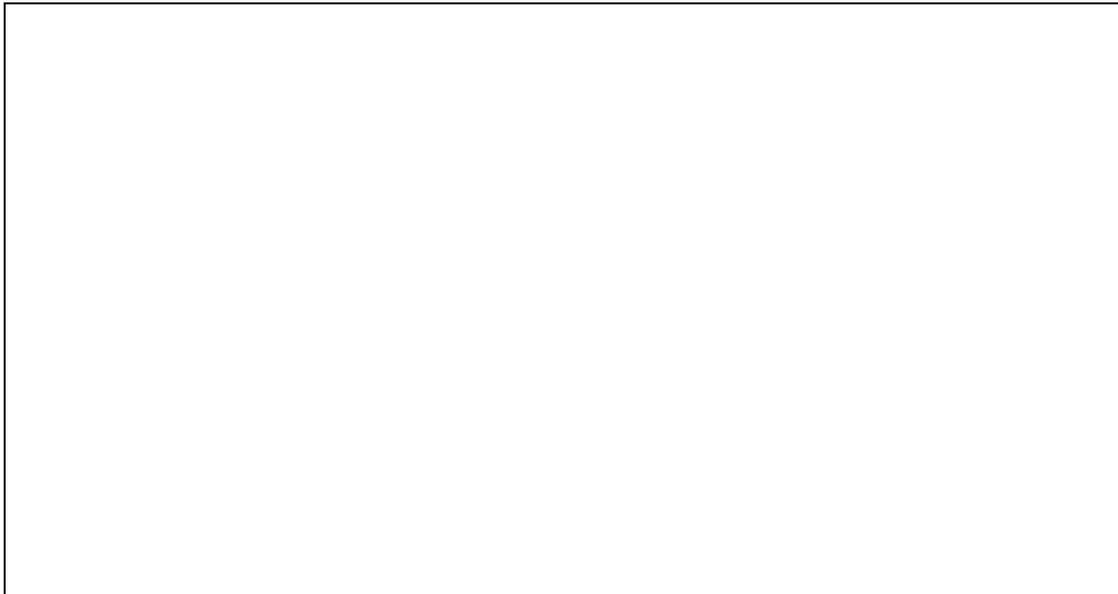
Después de observar y analizar las imágenes anteriores: ¿hay algún cambio en la respuesta de las preguntas planteadas? Explícalo.

Cierre de la sesión

1. Enuncien los conceptos abordados en la sesión del día de hoy.



2. Relaciónenlos por medio de un mapa mental.



3. Integren en un solo mapa mental el que acaban de realizar y el que hicieron la sesión anterior.

--

4. Rellenen el siguiente cuadro:

¿Qué aprendí?	¿Qué hice?	¿Cómo me sentí?

Examen a casa:

- El cerebro ocupa aproximadamente el 25% de la glucosa que ingerimos: ¿qué ocurriría si se agotarán las reservas de glucógeno y el individuo no ingiriera alimentos? ¿Cómo se mantendría activo el cerebro? ¿podría utilizar otra fuente de energía diferente a la glucosa? ¿Cuál?
- ¿Recuerdas que el músculo no puede aportar directamente glucosa al torrente sanguíneo? Hay una alternativa metabólica para poder hacerlo: el ciclo de Cahill, ¿en qué consiste?

Sesión 3

Apertura

Hasta este momento se ha revisado que los niveles de glucosa sanguíneos son variables, pero dentro de un margen constante (en un individuo sano); las hormonas que regulan dichos niveles, el órgano que las secreta, como se transporta la glucosa del intestino al hígado y a la circulación general. También se ha mencionado que en el hígado se lleva a cabo la glucogenólisis y la glucogénesis y que en el músculo sólo se lleva esta última.

Se revisa el “examen a casa” para vincular con lo ya visto el papel que juegan los cuerpos cetónicos como fuente de energía y la alternativa metabólica que ocurre en el músculo para poder aportar glucosa al torrente sanguíneo.

Finalmente, es momento de familiarizarnos con las estructuras anatómicas participantes en estos procesos metabólicos.

Desarrollo

Con las vísceras que los alumnos trajeron, identifiquen el intestino delgado, háganle un corte para apreciar las vellosidades, ¿pueden identificar el sistema porta hepático? ¿Cuál es el páncreas? ¿Qué les permitió identificarlo? ¿Pueden identificar el hígado? ¿Los vasos sanguíneos que están unidos a éste?

Una vez identificado, hagan un corte superficial y levanten la “película” que se puede desprender de éste. Posteriormente hagan un corte transversal, ¿qué observan? ¿Pueden identificar “agujeritos”? éstos son los vasos sanguíneos que irrigan el interior del órgano y que entran y salen de éste.

A continuación ilustren las estructuras observadas, indicando el nombre de cada una de las partes visualizadas

Ilustración de las vellosidades intestinales



Ilustración del sistema porta-hepático

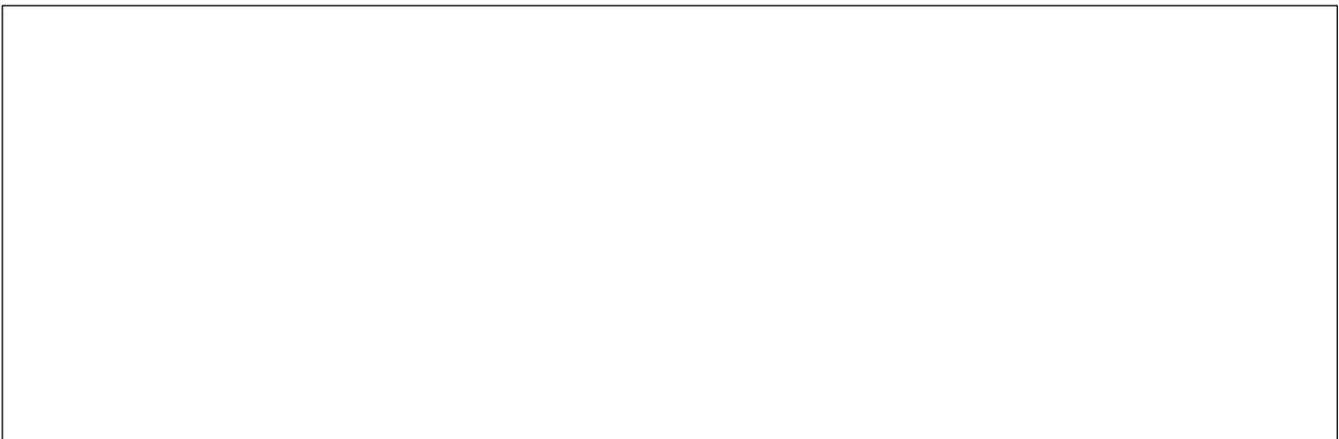
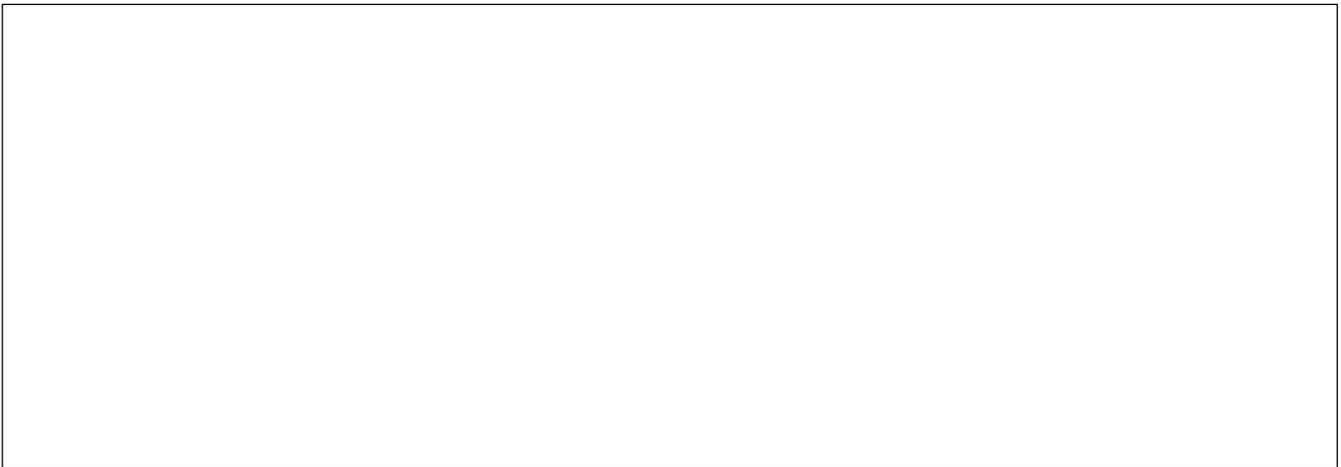
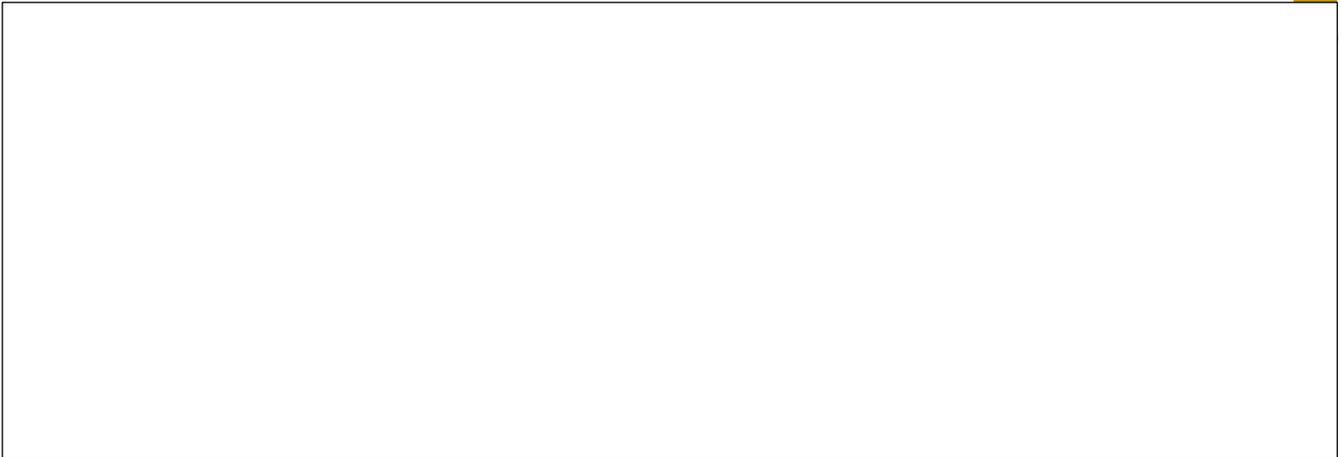


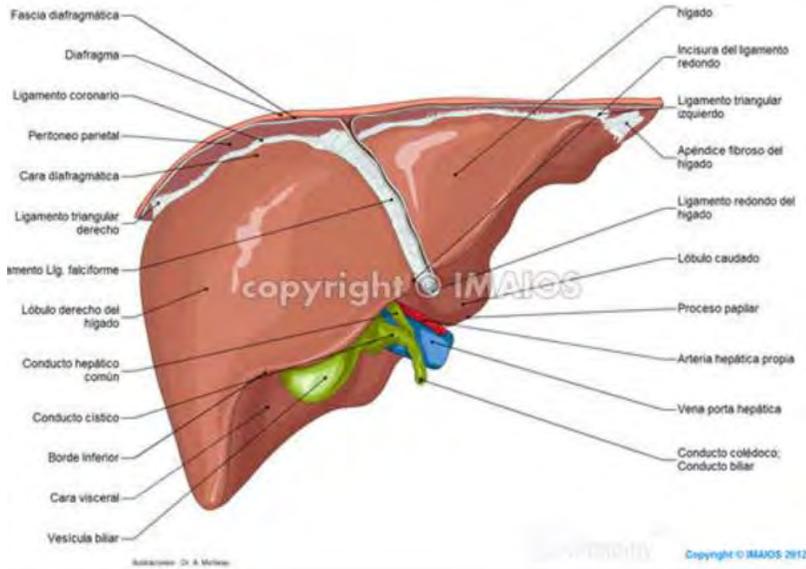
Ilustración del páncreas



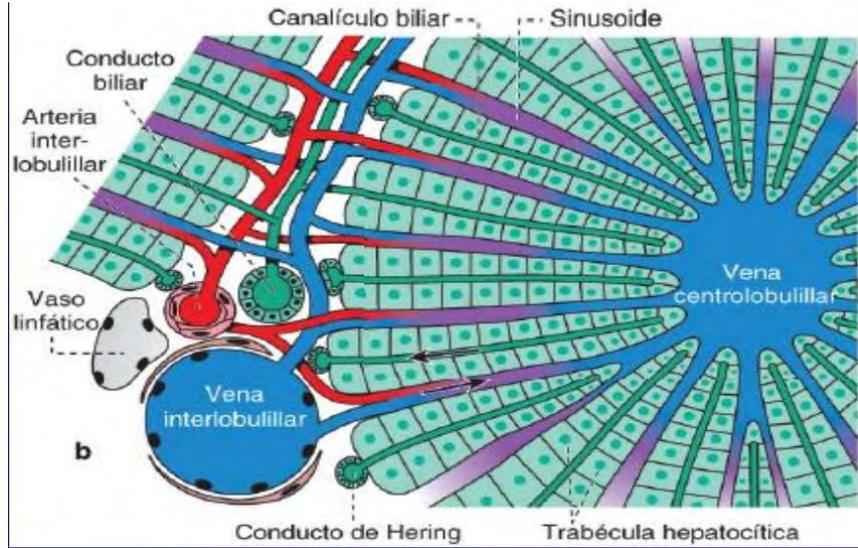
Presentación de imágenes ⁵anatómicas y cortes histológicos del hígado.

⁵ Imagen anatómica de hígado descargada de <https://www.imaios.com/es/e-Anatomy/Torax-abdomen-pelvis/Sistema-digestivo-Ilustraciones>

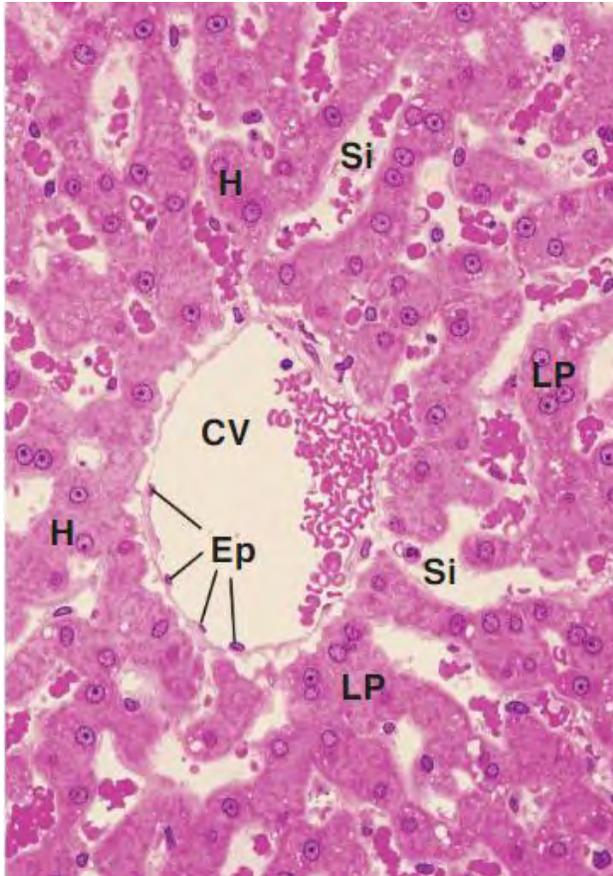
Imagen de lobulillo descargada de http://histologiaunam.mx/descargas/ensenanza/portal_recursos_linea/presentaciones/Glandulas_digestivo_parte2.pdf



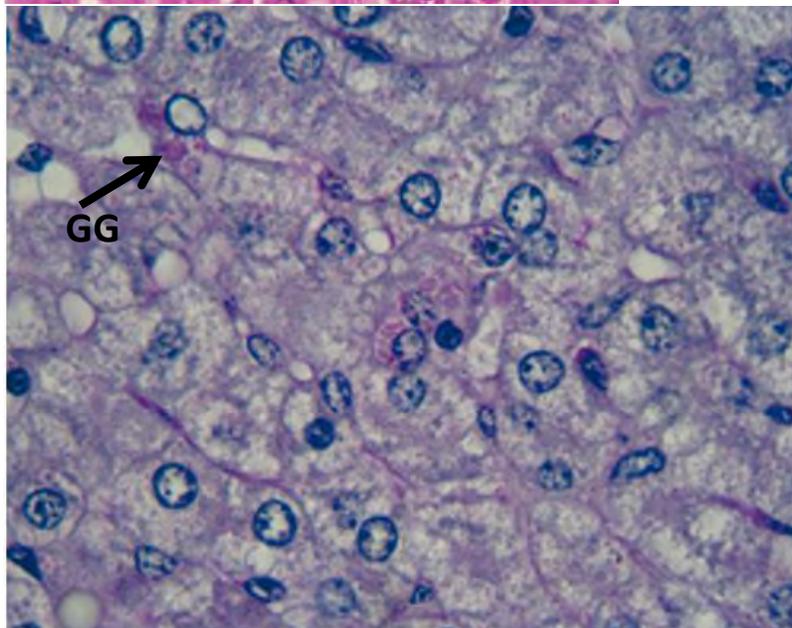
De esta imagen destaquemos las estructuras más sobresalientes del hígado: los dos lóbulos, el ligamento falciforme, la vesícula biliar, el conducto colédoco, la vena porta hepática y la arteria hepática. Recordar del corte que se hizo en la sección anterior, cuando se levantó la “película”. Ésta es tejido conectivo que recubre al hígado



El hígado se divide en varios lobulillos. Como se puede apreciar cada uno está asociado a una vena central (que contiene la sangre que llega al hígado del sistema porta-hepático, la cual es rica en nutrientes. Esta vena se ramifica, para poder irrigar toda la superficie del hígado. Entre las ramificaciones se puede apreciar a los hepatocitos (formando las trabéculas): las células funcionales del hígado. Estas células, entre muchas otras funciones, son las responsables de administrar los niveles de glucosa en la sangre: reteniendo glucosa, transformándola en glucógeno o bien, rompiéndolo para liberar glucosa. El esquema también permite observar a la arteria hepática (que transporta sangre oxigenada a este órgano) y a los ductos biliares.



Corte histológico de un lobulillo hepático. A destacar se encuentra la vena central (CV), los sinusoides (Si) y los hepatocitos (H).



Corte histológico de un lobulillo hepático teñido con la técnica de PAS, dicha técnica permite identificar la presencia de glucógeno (GG) presente en los hepatocitos –gránulos rosas-.

- ¿De dónde proviene la sangre venosa que ingresa al hígado?
- Si ya recibe irrigación venosa, ¿Por qué hay ingreso de sangre arterial?
- ¿Cuáles son las células encargadas de administrar la cantidad de glucosa en la sangre?

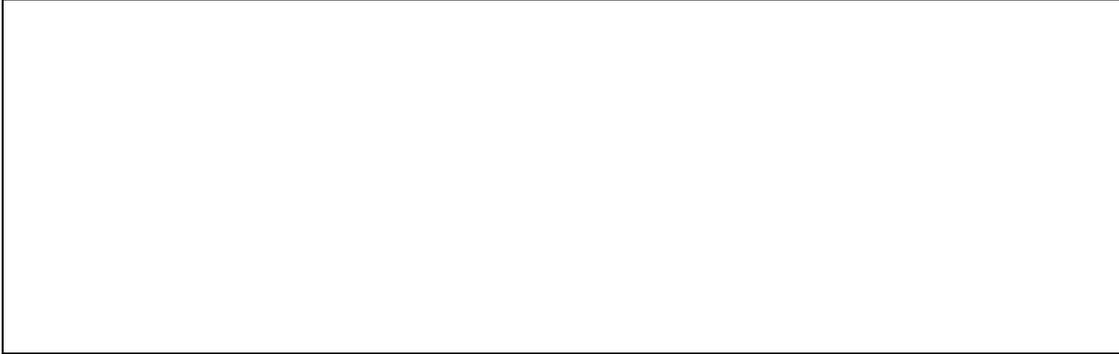
⁶ Imagen superior tomada de Gartner, L. y Hiatt, J. (2015). *Atlas en color y texto de histología*. 6ª edición. Editorial Médica Panamericana. pp 371. México

Imagen inferior modificada de Rosas, C.; Vásquez, B. y del Sol, M. (2010). *Descripción Histológica e Histoquímica del Hígado de cobayo (Cavia porcellus)*. *Int. J. Morphol.*, 28(1):151-156

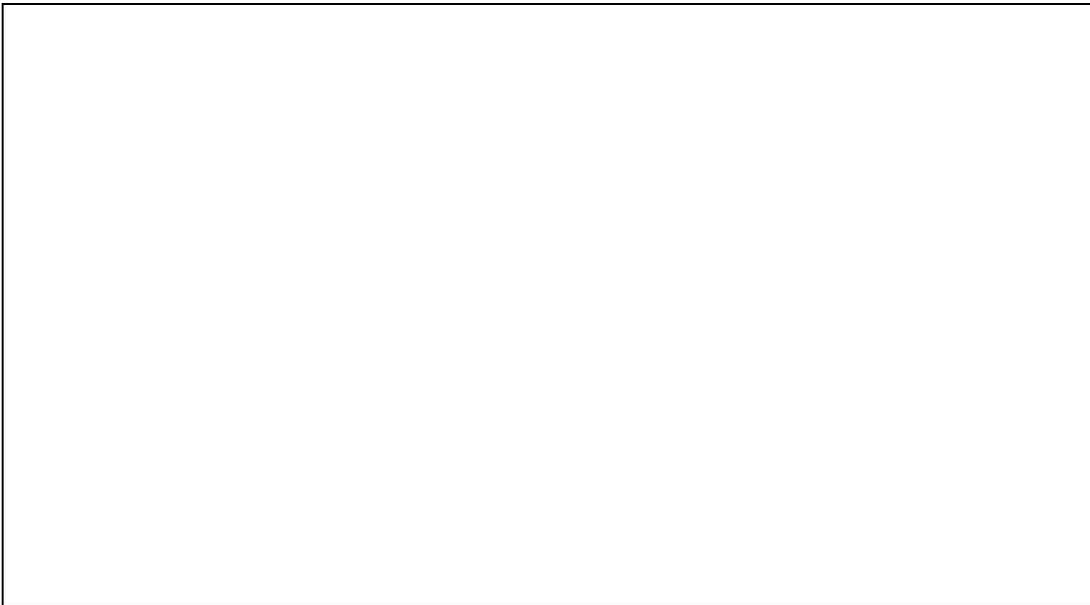
- Suponiendo que a un individuo que comió hace una hora le cortaran un pedacito de hígado para hacerle la técnica de PAS: ¿habría muchos o pocos gránulos rosas? ¿y si le hubieran cortado el trocito con un día de ayuno? Justifique sus respuestas.

Cierre

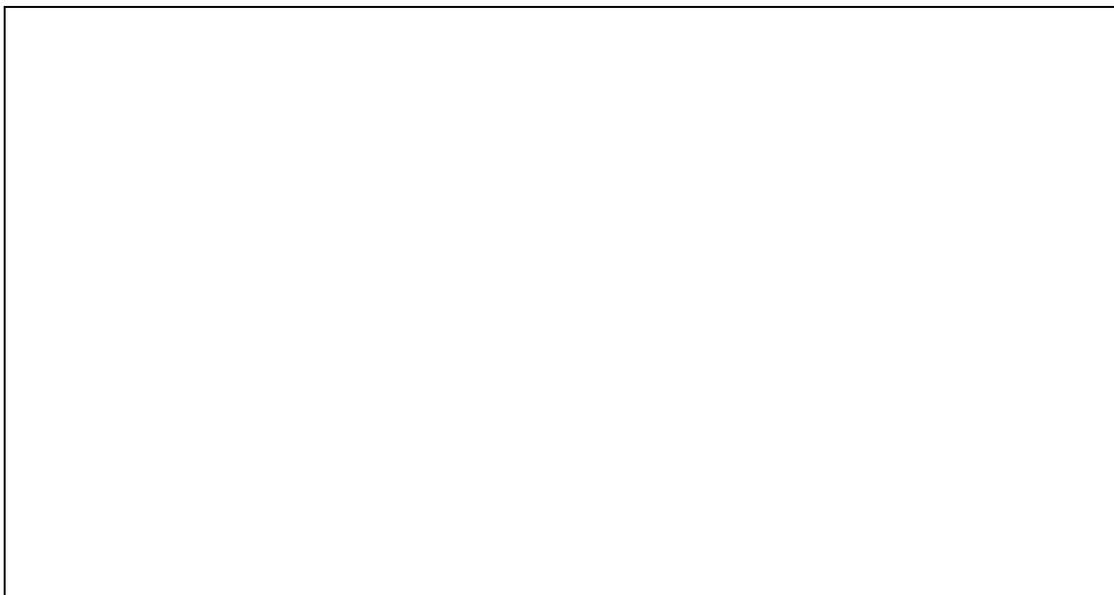
1. Enuncien los conceptos abordados en la sesión del día de hoy.



2. Relaciónenlos por medio de un mapa mental.



3. Integren en un solo mapa mental el que acaban de realizar y el que hicieron la sesión anterior.



4. Rellenen el siguiente cuadro:

¿Qué aprendí?	¿Qué hice?	¿Cómo me sentí?

Anexo 5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO MADEMS EN BIOLOGÍA ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA PLANTEL 7 "EZEQUIEL A. CHÁVEZ"					
<p>MATERIA: Biología V Segunda Unidad: Metabolismo TEMA: El metabolismo celular TEMÁTICA: — Integración de los conocimientos de la unidad. Interrelación de los procesos: metabolismo y autopertuación SESIONES: Cinco</p>					
<p>PROPÓSITO: Al terminar la intervención didáctica el alumno será capaz de: Relacionar el metabolismo celular con aspectos cotidianos de la vida, asociar los procesos metabólicos a nivel celular y sistémico, así como integrar el catabolismo y el anabolismo por medio de una práctica experimental. Además, aprenderá a organizar y analizar resultados experimentales, así como su discusión y su difusión, lo anterior, estructurado con una estrategia de trabajo colaborativo.</p>					
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDO(S) TEMÁTICO(S)	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	EVALUACIÓN	PRODUCTOS GENERADOS	MATERIAL DIDÁCTICO
Sesión 1					
<p>CONCEPTUALES</p> <p>Conocer los niveles de glucosa en sangre en diferentes estadios alimenticios.</p> <p>Identificar a la insulina y glucagon como hormonas reguladoras del nivel de glucosa sanguínea y el efecto celular de éstas.</p> <p>Reconocer al páncreas como órgano liberador de dichas hormonas</p> <p>ACTITUDINAL Y VALORAL</p> <p>Reconocer que el metabolismo es un tema biológico que se vincula con las matemáticas.</p> <p>Valorar el aprendizaje en un ambiente colaborativo.</p> <p>PROCEDIMENTAL</p> <p>Interpretar y analizar gráficos para extraer y aplicar información de los mismos.</p> <p>Comparar gráficos para establecer conclusiones con base en su contenido. Realizar cálculos de concentración porcentual de una disolución.</p>	<p>Mecanismo de regulación de la glucosa.</p>	<p>APERTURA</p> <p>Los alumnos identifican su estado anímico (1')</p> <p>Presentación sintética de los objetivos de aprendizaje de la sesión (2').</p> <p>Se cuestiona a los alumnos sobre sus niveles de glucosa al despertar y después de desayunar, así como el mecanismo regulador de este monosacárido (5').</p> <p>DESARROLLO</p> <p>Los alumnos organizados en equipos colaborativos se enfrentan a la interpretación de una curva de tolerancia a la glucosa de un individuo sano y responden a las preguntas orientadoras de dicha interpretación (10').</p> <p>Los educandos, con apoyo del profesor, hacen un cálculo de concentración porcentual (3').</p> <p>Éstos interpretan -con base en las preguntas guía- la curva de glucosa de un individuo propenso a diabetes y la comparan con la curva anterior (10').</p> <p>Los alumnos nuevamente indican su estado de ánimo (1').</p> <p>Los educandos analizan un par de gráficos que muestran los momentos en los que el páncreas libera insulina y glucagon, así como el efecto de la insulina en las células. Responden las preguntas guía (5').</p> <p>Los alumnos indican el momento de la liberación de cada una de estas hormonas en la curva de tolerancia a la glucosa del individuo sano (5')</p> <p>CIERRE</p> <p>Se contrasta la pregunta inicial, se identifican los conceptos revisados en clase y se relacionan por medio de un mapa mental. Los alumnos indican su estado de ánimo (8').</p>	<p>Diagnóstica</p> <p>Identificando los conocimientos previos de los educandos sobre la regulación de la glucosa.</p> <p>Asistemática</p> <p>Identificando en el lenguaje corporal, las expresiones de los alumnos y las discusiones generadas en el grupo las dudas que vayan surgiendo en el desarrollo del tema.</p> <p>Formativa</p> <p>Respuestas plasmadas en el material didáctico. Breve mapa mental grupal</p> <p>Sumativa</p> <p>No planificada.</p>	<p>Respuestas en el cuaderno de trabajo que fungen como evidencia</p>	<p>— Presentación power point. — Pizarón. — Cuaderno de trabajo diseñado para abordar la sesión.</p>

Sesión 2

<p>CONCEPTUALES</p> <p>Introducir al alumno a los procesos de glucogénesis y glucogenólisis.</p> <p>Ilustrar el acoplamiento entre catabolismo y Anabolismo mediante estos procesos.</p> <p>Identificar las enzimas y hormonas mediadoras de Participantes en éstos.</p> <p>ACTITUDINAL Y VALORAL</p> <p>Apreciar la complejidad de los procesos metabólicos.</p> <p>Valorar el aprendizaje en un ambiente colaborativo.</p> <p>PROCEDIMENTAL</p> <p>Analizar y sintetizar la información presentada por un medio visual y audiovisual.</p>	<p>Distinción entre anabolismo y catabolismo: la glucogénesis y la glucogenólisis como ejemplo de acoplamiento y de regulación.</p>	<p>APERTURA</p> <p>Los alumnos identifican su estado anímico (1').</p> <p>Presentación sintética de los objetivos de aprendizaje de la sesión (2').</p> <p>Se retoman las curvas de glucosa de la sesión anterior y se plantean preguntas sobre cómo serían las mismas con diferentes periodos de ayuno (5').</p> <p>DESARROLLO</p> <p>Se presenta a los alumnos una imagen sobre las generalidades de la glucogénesis y glucogenólisis para que éstos la interpreten (10').</p> <p>Los alumnos identifican su estado anímico (1').</p> <p>Presentación de dos videos: uno sobre glucogénesis y otro de glucogenólisis. Los alumnos deberán extraer información de éste y plasmarla en los espacios diseñados en el cuaderno de trabajo (6').</p> <p>Resolución de las preguntas guía y discusión grupal (15').</p> <p>CIERRE</p> <p>Se contrastan las preguntas iniciales, se identifican los conceptos revisados en clase y se relacionan por medio de un mapa mental. Los alumnos indican su estado de ánimo (8').</p> <p>EXAMEN A CASA</p> <p>Se da la indicación de resolver los cuestionamientos que vienen al final de la sesión del día (2').</p>	<p>Diagnóstica</p> <p>Cuestionando lo abordado en la sesión anterior y planteando un nuevo estadio alimenticio.</p> <p>Asistématica</p> <p>Identificando en el lenguaje corporal y las expresiones de los alumnos las dudas que vayan surgiendo en el desarrollo del tema.</p> <p>Formativa</p> <p>Breve mapa mental grupal. Respuestas plasmadas en el material didáctico.</p> <p>Sumativa</p> <p>No planificada</p>	<p>Respuestas en el cuaderno de trabajo que fungen como portafolios de evidencia</p>	<p>— Presentación power point.</p> <p>— Videos sobre glucogénesis y glucogenólisis.</p> <p>— Pizarrón.</p> <p>— Cuaderno de trabajo diseñado para abordar la sesión.</p>
--	---	---	---	--	--

		Sesión 3			
<p>CONCEPTUALES</p> <p>Identificar las semejanzas y diferencias entre el ciclo de Cahill y de Cori. Relacionar dichos procesos como alimentadores de la glucólisis. Asociar la glucogénesis y la glucogenólisis con la glucólisis, el ciclo de Krebs, la respiración oxidativa y la fermentación láctica. Integrar la relación entre el intestino delgado, el sistema porta-hepático, el hígado y el páncreas con la glucogénesis y la glucogenólisis.</p> <p>ACTITUDINAL Y VALORAL</p> <p>Reconocer que el metabolismo es un tema biológico que se vincula con la morfofisiología. Valorar el aprendizaje en un ambiente colaborativo.</p> <p>PROCEDIMENTAL</p> <p>Reconocer estructuras anatómicas mediante imágenes.</p>	<p>Acoplamiento entre los diferentes procesos metabólicos: 1) Relación de la glucogénesis y la glucogenólisis con la glucólisis, el ciclo de Krebs, la fosforilación oxidativa y la fermentación láctica; 2) el ciclo de Cahill y de Cori como ejemplificadores de la relación carbohidratos- proteínas en el mantenimiento de los niveles de glucosa.</p>	<p>APERTURA</p> <p>Los alumnos identifican su estado anímico (1').</p> <p>Presentación sintética de los objetivos de aprendizaje de la sesión (2').</p> <p>Se retoma el examen a casa y se discuten las dudas generadas (8').</p> <p>Se cuestiona a los alumnos sobre sus conocimientos en glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa y fermentación láctica (10').</p> <p>DESARROLLO</p> <p>Se cuestiona y se discute con los alumnos como llega la glucosa de los alimentos al hígado y del hígado a todo el cuerpo (5').</p> <p>Los alumnos observan y analizan imágenes que muestran la anatomía del páncreas, hígado, sistema porta-hepático e intestino delgado (16').</p> <p>CIERRE</p> <p>Se contrastan las preguntas iniciales, se identifican los conceptos revisados en clase y se relacionan por medio de un mapa mental. Los alumnos indican su estado de ánimo (8').</p> <p>EXAMEN A CASA</p> <p>Se les entrega a los alumnos el protocolo de la práctica experimental para que investiguen el porqué de cada paso, reactivo utilizado, tratamientos experimentales, etc.</p>	<p>Diagnóstica</p> <p>Se identifica la comprensión de los alumnos sobre el examen a casa. Se identifican los conocimientos previos sobre glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa y fermentación láctica.</p> <p>Asistématica</p> <p>Identificando en el lenguaje corporal y las expresiones de los alumnos las dudas que vayan surgiendo en el desarrollo del tema.</p> <p>Formativa</p> <p>Breve mapa mental grupal. Respuestas plasmadas en el material didáctico.</p> <p>Sumativa</p> <p>No planificada</p>	<p>Respuestas en el cuaderno de trabajo que fungen como portafolios de evidencia</p>	<p>—Presentación power point. —pizarrón. —Cuaderno de trabajo diseñado para abordar la sesión.</p>

Sesión 4 (extra clase)

<p>CONCEPTUALES</p> <p>Conocer el porqué del uso de las disoluciones de KOH, H₂SO₄ y NaOH en la extracción de glucógeno.</p> <p>ACTITUDINAL Y VALORAL</p> <p>Valorar el aprendizaje en un ambiente colaborativo</p> <p>Concientizar de dar una muerte digna a cualquier animal de laboratorio.</p> <p>PROCEDIMENTAL</p> <p>Identificar una hipótesis, tratamientos experimentales.</p> <p>Tomar muestra de sangre de la cola de una rata.</p> <p>Disecar una rata.</p> <p>Identificar estructuras anatómicas <i>in vivo</i>.</p> <p>Extraer glucógeno del hígado y músculo de una rata.</p> <p>Manejar equipo y cristalería de laboratorio.</p> <p>Manejar con precaución disoluciones irritantes.</p> <p>Procesar datos y hacer comparaciones.</p> <p>Manejar correctamente residuos químicos y biológicos.</p> <p>Discutir resultados y socializarlos mediante la elaboración de un infografía</p>	<p>Extracción de glucógeno hepático de ratas sin ayuno, con 24 y con 48 horas de ayuno, así como cuantificar la cantidad de glucosa en sangre periférica y la presencia de cuerpos cetónicos.</p>	<p>APERTURA</p> <p>Revisión del examen a casa y discusión de hipótesis, tratamientos experimentales, metabolitos a medir, órganos y tejidos a utilizar y protocolo en general (15').</p> <p>DESARROLLO</p> <p>Se lleva a cabo el protocolo experimental para la medición de glucosa sanguínea, cuerpos cetónicos, disección de hígado y tejido muscular para la extracción, medición cualitativa de glucógeno y comparación de los niveles de éste en los diferentes estadios alimenticios (70').</p> <p>Disposición de residuos químico-biológicos, limpieza de área de trabajo y discusión de los resultados obtenidos (30').</p> <p>CIERRE</p> <p>Consensuar conclusiones (5').</p> <p>EXAMEN A CASA</p> <p>Se entrega a los alumnos la rúbrica con la que elaborarán la infografía.</p> <p>Sesión 4 (resto de los alumnos)</p> <p>APERTURA</p> <p>Revisión del examen a casa y discusión de hipótesis, tratamientos experimentales, metabolitos a medir, órganos y tejidos a utilizar y protocolo en general (15').</p> <p>DESARROLLO</p> <p>Se realiza la observación dirigida del video generado con los alumnos que realizaron el protocolo experimental, resolviendo las dudas que vayan surgiendo en la proyección del mismo, se discuten los resultados y conclusiones generadas (25').</p> <p>CIERRE</p> <p>Consensuar conclusiones (10').</p> <p>EXAMEN A CASA</p> <p>Se entrega a los alumnos la rúbrica con la que elaborarán la infografía.</p>	<p>Diagnóstica</p> <p>Evaluando el apropiamiento del protocolo a seguir y las dudas que hayan surgido de éste.</p> <p>Asistemática</p> <p>Identificando en el lenguaje corporal y las expresiones de los alumnos las dudas que vayan surgiendo en el desarrollo de la práctica.</p> <p>Formativa</p> <p>Evaluando el desempeño de los educandos en el manejo de los reactivos y equipos, discutiendo resultados y consensuando conclusiones.</p> <p>Sumativa</p> <p>No planificada</p>	<p>Video producido con base en la realización de la práctica experimental</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Presentación power point. — Video generado de la práctica. — Pizarón. — Cuaderno de trabajo diseñado para abordar la sesión. — Reactivos, material y equipo de laboratorio. — Ratas.
---	---	---	--	---	---

Sesión 5

<p>CONCEPTUALES</p> <p>Conocer la información con la que los diferentes Equipos relacionaron los resultados y conclusiones de la realización del Protocolo experimental o de la apreciación del video generado del mismo.</p> <p>ACTITUDINAL Y VALORAL</p> <p>Valorar el aprendizaje en un Ambiente colaborativo.</p> <p>Apreciar la socialización de la Información adquirida como un acto humano.</p> <p>PROCEDIMENTAL</p> <p>Exponer el contenido de un infografía.</p> <p>Retroalimentar y retroalimentarse de los comentarios realizados por los compañeros a la infografía realizado.</p> <p>Conocer la dinámica de una feria de las ciencias.</p>	<p>Feria de Ciencias</p>	<p>DESARROLLO</p> <p>Las infografías generadas se exhiben y se exponen entre pares con ello, éstos se co-evalúan (40').</p> <p>CIERRE</p> <p>Cada uno de los equipos hace una breve reseña del contenido de la infografía que evaluó y entrega al equipo evaluado la coevaluación (10').</p> <p>EXTRA CLASE</p> <p>Los infografías permanecen exhibidos a lo largo del día y se organiza a los equipos para que expongan su infografía a la comunidad escolar interesada, en el horario asignado. En este lapso el profesor realiza la heteroevaluación de los alumnos y éstos su autoevaluación del producto generado.</p>	<p>Sumativa</p> <p>Heteroevaluación : el profesor evalúa el contenido, exposición e integración de la información presentada en la infografía apoyado de la rúbrica elaborada para dicho fin.</p> <p>Coevaluación: los equipos se evalúan por pares -no recíprocamente- con base en el formato diseñado.</p> <p>Autoevaluación: cada uno de los equipos evalúa su desempeño con el formato diseñado</p>	<p>Infografías</p> <p>Formatos de hetero, co y autoevaluación</p>	<p>— Infografías elaborados por los alumnos</p>
---	--------------------------	--	--	---	---

¿CÓMO FUNCIONA EL REACTIVO BENEDICT?



Los carbohidratos son las biomoléculas más abundantes en la naturaleza, las obtenemos al comer y son nuestra principal fuente de energía.



¿Qué es el Benedict?

Es una reacción o prueba de oxidación-reducción para identificar azúcares reductores como la glucosa, maltosa, fructuosa y celabiosa.

Azúcares reductores

Se han denominado así porque tienen la capacidad de reducir ciertos compuestos en un medio alcalino; dicha propiedad se debe a que estos monosacáridos, en medio ácido, pierden su forma cíclica, lo que forma un grupo aldehído con capacidad de reacción.



OXIDO-REDUCCIÓN

En un medio alcalino, el Cu^{+2} (otorgado por el sulfato cúprico) es capaz de reducirse por efecto del grupo aldehído del azúcar (-CHO) a su forma de Cu^+ , formando óxido de cobre (I).

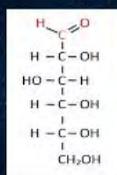
Glucosa



En un medio alcalino



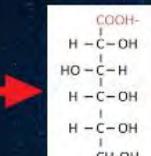
Prueba positiva



Complejo de ión de cobre (II)



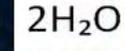
Complejo de ión hidróxido



Ácido gluconico



Oxido de cobre (I)



Referencia bibliográfica:
Mathews, C.K., van Holde, K.E. y Ahern, K.G. (2002) Bioquímica, 3ª ed. Pearson Educación, México

Corro Tapia Karla Guadalupe
Mancilla Ruiz Iván Mauricio
Muñoz Chávez Fernando
Grupo: 608

METABOLISMO ¿QUÉ PASA EN NUESTRO CUERPO?



La síntesis de glucógeno ocurre después de una comida, cuando la concentración sanguínea de glucosa se eleva. Se sabe desde hace mucho tiempo que justo después de ingerir una comida con carbohidratos ocurre la **glucogénesis hepática**.

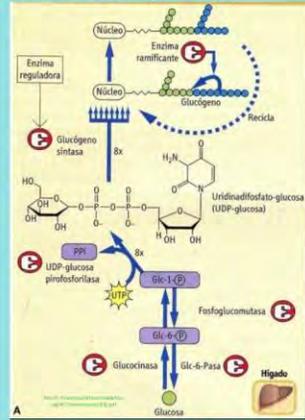
1 PERO... ¿QUÉ ES LA GLUCOGÉNESIS?

Es la ruta anabólica por la que tiene lugar la síntesis de glucógeno a partir de un precursor más simple, la glucosa-6-fosfato. Se lleva a cabo principalmente en el hígado, y en menor medida en el músculo.

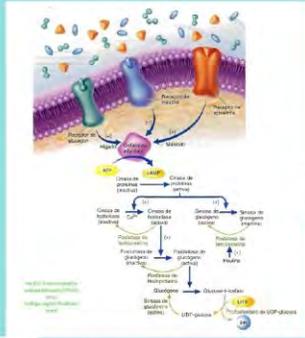
Es vital que éste proceso tome lugar, pues se produce la molécula que nos brinda energía a nuestro organismo: el ATP.

3 CUANDO UNA PERSONA SE ENCUENTRA ESTRESADA, ¿AFECTARÍA LA NORMALIDAD DEL PROCESO DE GLUCOGÉNESIS?

El estrés emocional o la agresión física liberan epinefrina de la médula suprarrenal. La epinefrina estimula la glucogenólisis e inhibe la glucogénesis. Por lo tanto, no es algo grave pero debes de regular tus estados de estrés.

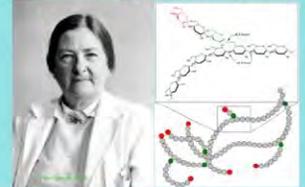


El metabolismo del glucógeno es regulado cuidadosamente para evitar el derroche de energía. Tanto la síntesis como la degradación son controladas por un mecanismo complejo en el que participan la insulina, el glucagón, la epinefrina y reguladores alostéricos.



4 ¿HAY PATOLOGÍA RELACIONADAS CON EL PROCESO DE GLUCOGÉNESIS?

Sí, una de ellas es la conocida: Enfermedad de Adersens. La enfermedad de Andersen es una enfermedad metabólica rara hereditaria, autosómica recesiva infrecuente. También se denomina enfermedad por déficit de la enzima ramificante, amilopectinosis o Enfermedad por depósito de glucógeno de tipo IV. Esta enfermedad esta causada por el déficit de actividad de una enzima del metabolismo del glucógeno, lo que ocasiona una acumulación de glucógeno. Se puede diagnosticar prenatalmente determinando el nivel de actividad de la enzima dentro de la célula del líquido amniótico.



5 PROCESOS:

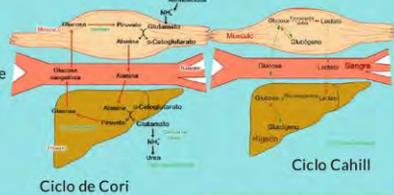
Glucólisis: es una serie de reacciones catabólicas que extraen energía de la glucosa al romperla en dos moléculas de tres carbonos llamadas piruvato. Se lleva a cabo para la respiración.

Glucogénesis: formación de glucógeno a partir de glucosa, se lleva a cabo en hígado y en músculo. Sucede cuando el hígado reconoce glucagón. Después del desayuno.

Glucogenólisis: serie de reacciones catabólicas en la que se rompe el glucógeno para obtener glucosa. Se lleva a cabo cuando no se ha suministrado glucosa pero el cuerpo necesita., puede suceder en el hígado y en el músculo.

Gluconeogénesis: proceso anabólico que produce glucosa a partir de precursores no glucídicos, se lleva en el hígado. Cuando una persona no tiene reservas se lleva a cabo este proceso.

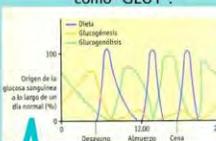
El hígado es principal órgano administrador de glucosa sanguínea. Esta constituido por células conocidas como hepatocitos.



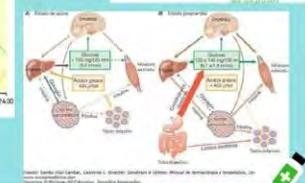
La glucosa se puede encontrar en el torrente sanguíneo cuando el páncreas (glándula mixta) libera glucagón y cuando libera insulina la glucosa entra a las células por medio de un receptor conocido como "GLUT".



Categoría	Concentración (mg/dL)
Normal	70 - 100
Pre-diabetes	100 - 125
Diabetes	125 - 200
Diabetes severa	200 - 300
Coma diabético	> 300



Los niveles de glucosa normales en sangre deben estar entre 70-100gr/mL. Deben de estar así puesto que la irregularidad provoca patologías como la diabetes.

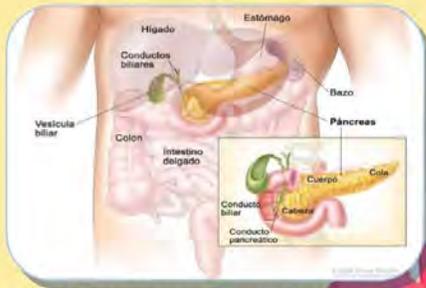


Adaptado de: [text illegible]

¿Que secreta el páncreas?

El páncreas es un pequeño órgano, de forma alargada, de unos 15 cm de longitud y de unos 100 gramos de peso, situado en la cavidad abdominal, inmediatamente por detrás del estómago.

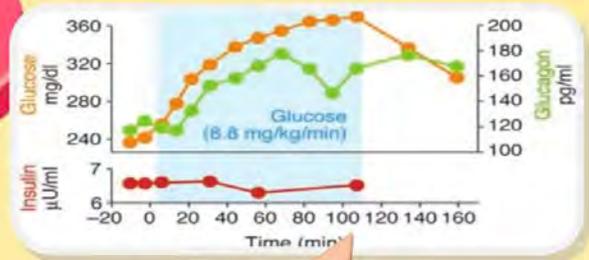
La proporción endocrina del páncreas, consiste en un millón de acúmulos de células que se denominan islotes pancreáticos. El glucagón y la insulina son algunas de las secreciones endocrinas del páncreas



La función exocrina es la que interviene en la digestión de los alimentos ingeridos, como por ejemplo la elaboración del jugo pancreático y la secreción de enzimas, dichas enzimas se vierten en el intestino delgado, y facilitan el proceso de la digestión.

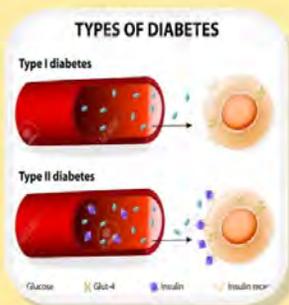
La Insulina es una hormona peptídica sintetizada por las células beta del páncreas y secretada a la circulación en respuesta a aumentos en los niveles de glucosa circulante.

El glucagón es una hormona que es sintetizada por la células alfa del páncreas. Su principal función es aumentar los niveles de glucosa en sangre.



Diabetes mellitus: Enfermedad que tiene como resultado un exceso de azúcar en la sangre (glucosa sanguínea elevada).

Tipos de enfermedades

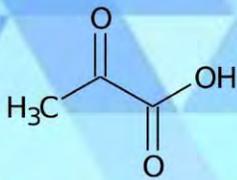


Pancreatitis: Enfermedad inflamatoria del páncreas.

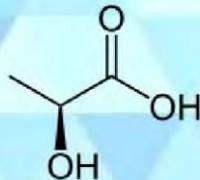


GLUCONEOGÉNESIS

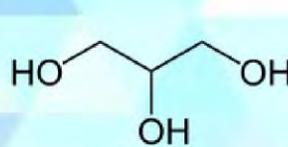
Proceso metabólico que sintetiza glucosa a partir de:



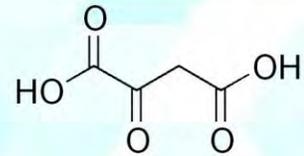
Piruvato



Lactato



Glicerol

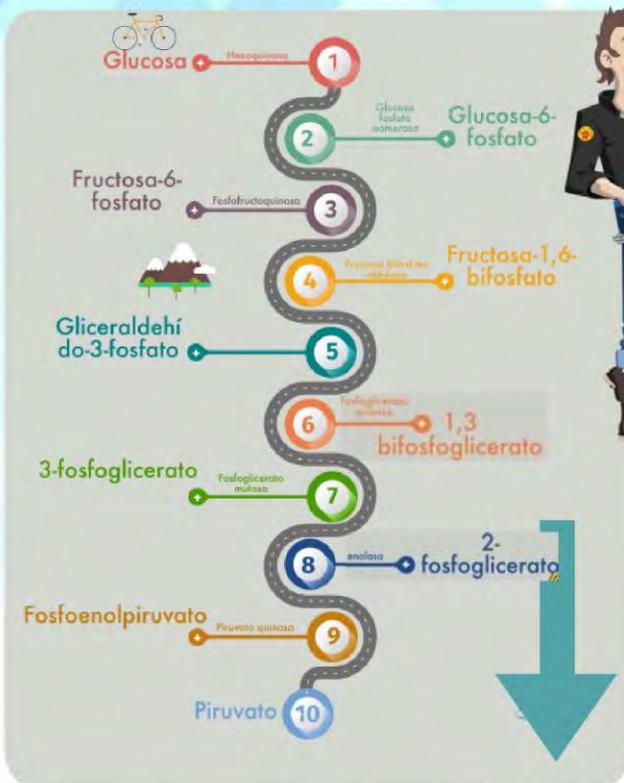


Oxalacetato

La gluconeogénesis no es lo inverso a la glucólisis, aunque si coincide en 6 reacciones reversibles. La señal de atención indica las reacciones donde la glucólisis y la gluconeogénesis difieren

Reacciones de la glucólisis

Reacciones de la gluconeogénesis



Después de un ayuno durante toda la noche, la glucogenólisis y la gluconeogénesis hacen contribuciones casi iguales a la glucosa en sangre.

La gluconeogénesis elimina lactato producido por los músculos y los eritrocitos, y glicerol producido por el tejido adiposo.

Satisface la necesidad del cuerpo para la glucosa cuando los carbohidratos no están disponibles en cantidades suficientes de la dieta o de las reservas de glucógeno.

Referencias:

Integrantes:

- Figueroa López Guadalupe Yoallin
- Macías Ham Itzel Alejandra
- Magallón García Luis Manuel
- Reséndiz Gachús Miguel Antonio

Grupo: 608