



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
CAMPO DE CONOCIMIENTO: BIOLOGÍA**

**EL USO DEL ABP COMO ESTRATEGIA EN LA ENSEÑANZA DEL TEMA "RADICALES LIBRES"
EN EL BACHILLERATO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (BIOLOGÍA)

PRESENTA:

BIOL. ISABEL MEJÍA LUNA

TUTOR PRINCIPAL: DR. JORGE RICARDO GERSENOWIES RODRÍGUEZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

COMITÉ TUTOR: DRA. ARLETTE LÓPEZ TRUJILLO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
DR. ARTURO SILVA RODRÍGUEZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
DRA. MARTHA JUANA MARTÍNEZ GORDILLO
FACULTAD DE CIENCIAS
DRA. DIANA CECILIA TAPIA PANCARDO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, junio 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Comité Tutor

Dr. Jorge Ricardo Gersenowies Rodríguez
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Dra. Arlette López Trujillo
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Dr. Arturo Silva Rodríguez
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Dra. Martha Juana Martínez Gordillo
Facultad de Ciencias

Dra. Diana Cecilia Tapia Pancardo
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Sustentante

Mejía Luna Isabel
Cuenta No. 83343597
Facultad de Estudios Superiores Iztacala
Maestría en Docencia Media Superior. Campo de conocimiento: Biología

Tutor principal

Dr. Jorge Ricardo Gersenowies Rodríguez
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Datos del Trabajo

“El uso del ABP como herramienta en la enseñanza del tema “Radicales Libres” en el bachillerato”.

140 pág.

2018

Niquitoa

*Niquitoa ni Nesaualkoyotl:
¿Kuix ok neli nemoua in tlaltikpak?
An nochipa tlaltikpak:
san achika ya nikan.
Tel ka chalchiuitl no xamani,
no teokuitlatl in tlapani,
no ketsali posteki.
An nochipa tlaltikpak:
san achika ye nikan.*

Yo lo pregunto

*Yo Nezahualcóyotl lo pregunto:
¿Acaso de veras se vive con raíz en la tierra?
No para siempre en la tierra:
sólo un poco aquí.
Aunque sea de jade se quiebra,
aunque sea de oro se rompe,
aunque sea plumaje de quetzal se desgarran.
No para siempre en la tierra:
sólo un poco aquí .*

Nezahualcóyotl.(Poema náhuatl)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primera instancia mi alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de México, mi querida UNAM, por darme un espacio para formar mi carácter académico y profesional, por ser un lugar que me alienta a continuar preparándome para ser mejor cada día, no sólo como profesionista, sino también como ser humano. Nunca olvidaré la primera vez que leí el lema *"Por mi raza hablará el espíritu"*, motor indiscutible de mi compromiso, respeto y cariño por esta institución educativa.

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por ser el lugar de mi formación académica para la maestría de docencia en educación media superior.

A la Facultad de Ciencias, por considerar mi centro no sólo formativo, sino también, de quehacer profesional.

Al Dr. Jorge Ricardo Gersenowies Rodríguez por aceptar ser mi tutor principal. Por su confianza, guía, tiempo y apoyo a la presente tesis, buscando en todo momento la mejora del trabajo escrito.

A la Dra. Arlette López Trujillo por la confianza que me ha brindado, porque necesitamos más investigadoras como ella en la educación, deseando tener más oportunidad de aprender de usted.

Al Dr. Arturo Silva Rodríguez, por formar parte de mi comité tutorial, por ponerme retos personales y sobre todo, por recordarme que lo más importante es la motivación con la que hacemos las cosas.

A la Dra. Martha Juana Martínez Gordillo, por aceptar formar parte de este comité de evaluación. Por el tiempo dedicado a la revisión del trabajo escrito y sus invaluable recomendaciones realizadas, que apoyaron a enriquecer la tesis.

A la Dra. Diana Cecilia Tapia Pancardo, por aceptar formar parte de mi comité, por el magnífico trabajo como tutor durante los cursos en línea y por la confianza otorgada tanto como alumna y como tesista, del presente trabajo de intervención educativa.

A la M. en C. María Esther Nava, por la orientación, paciencia y compromiso, que tiene con todos los estudiantes de la MADEMS; así como su trabajo de tutoría en línea.

A la Lic. Alejandra Orozco, por el apoyo y orientación administrativa que se requiere para llevar a buen fin todo aspecto institucional.

A todos aquellos docentes, tutores y compañeros de la MADEMS, con quienes compartimos un espacio, aunque sea en lo virtual; enriqueciendo los foros, como otras acciones posibles en la educación, al lograr un intercambio de opiniones, consejos y aprendizajes de forma colaborativa a través de la plataforma de estudio.

A la Biol. María Eugenia Colmenares López, profesora del CCH Azcapotzalco, por su amabilidad, agilidad y calidez como docente y por compartir conmigo sus experiencias al facilitar los grupos de intervención para el presente proyecto de tesis.

A la M. en C. Eliza Ramírez Lomelí, profesora del CCH Sur, por la confianza y preparación para guiar a los estudiantes del curso de Biología II, quienes me motivaron a buscar nuevos retos de aprendizaje durante la práctica docente II.

A los alumnos de los grupos 321A y 324B por participar gustosos en la implementación de la estrategia y el tema como novedoso en su curso de Biología I del CCH Azcapotzalco durante el semestre 2018-1.

A la Dra. Alicia Negrón-Mendoza del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM, por ser una excelente investigadora, docente y ser humano; siempre enriqueciéndonos a todos los que estamos cerca de ella, apoyando y orientando en nuestras decisiones, tanto a los que somos estudiantes y trabajadores y sobretodo, animándonos siempre, a continuar mejorando profesionalmente.

A los Doctores Sergio Ramos Bernal, María Colín García, Alejandro Heredia Barbero y Q. Claudia Camargo Raya, del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM, por todos estos años de apoyo, confianza y amistad que me han brindado al abrimme las puertas de sus laboratorios para aprender más.

A Dra. Blanca Emma Mendoza Ortega, Dra. Beatriz Ortega Guerrero, Dr. Pedro García Barrera, Dr. Juan Francisco Sánchez Beristain, M. en C. Víctor Manuel Dávila Alcocer y Biol. Guadalupe Soqui, por su apoyo y confianza ante el trabajo con los estudiantes y la implementación de los talleres multifuncionales I y II en la Licenciatura de Ciencias de la Tierra en la Facultad de Ciencias, UNAM.

A mis compañeros docentes, amigos y estudiantes, de quienes aprendo continuamente y me alientan a continuar, en este bello camino que es la docencia.

A todas aquellas personas, que directa o indirectamente, me ayudaron a organizar mis espacios de trabajo, investigación, atención a los estudiantes o atención a otros compañeros para concluir este proyecto personal, mil gracias.

DEDICATORIA

A mi hija Annia Rocha, por darme la oportunidad de vivir la maternidad, con sus aciertos y preocupaciones, pero sobre todo por la dicha de tenerte en mi vida, estoy orgullosa de ti y todos los logros que has alcanzado.

A mi esposo Arturo Rocha, por ser parte de este camino, que decidimos emprender juntos hace ya mucho tiempo.

A mis padres Rebeca y Daniel † , a quienes debo la vida y la oportunidad de tener una carrera profesional.

A mis hermanas y hermano, Azucena, Sandra, Rubí Celia y Luis Daniel, por ser ustedes siempre luchadores y estar cerca, tanto en las buenas y como en las malas.

A mis cuñados y cuñada, Alberto, Sergio, Mauricio y Rebeca, por su paciencia y cariño con sus familias.

A mis sobrinas y sobrinos, quienes siempre serán mis segundos hijos, y a quienes deseo logren todas sus metas y sueños, porque la vida es parte de ello, Samantha, Adrián, Ximena y Leonardo.

A mi amiga de toda la vida, Silvia por continuar en esta locura de risas y recuerdos bellos.

A mis amigos por siempre, Lic. Raymundo López, M. en E. Alejandra Villa Serrato, M. en A. Norma Blancas, Lic. en Fil. Esther Zamudio, Dr. en Soc. Carlos García, Lic. Hidalí Piñón e Ing José Angel Castro † , por todos los momentos de acompañamiento, amistad, risas y los espacios para reflexionar sobre cómo mejorar en la educación a través del tiempo. Todos estamos juntos.

A mis amigas de educación especial, Magali, Adriana, Gaby y Lola, gracias por todas las risas que me han dado en este tiempo de conocernos.

Y a todos los estudiantes, quienes de una u otra forma, me ayudan a aprender más de cómo interactúan las nuevas generaciones y que importante, es también el acompañamiento emocional.

Índice general

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I	
EL ESTADO DEL ARTE. La educación emergente.....	6
1.1. Diferencias educativas entre un estudiante de Europa occidental con uno de América Latina.....	7
1.2. La Educación Media Superior en México.....	11
1.3. El enfoque educativo. Un cambio en paradigmas del aprendizaje.....	15
1.4. [Re]-aprendiendo a aprender.....	19
1.5. El Colegio de Ciencias y Humanidades.....	21
1.6. Numeralia en el CCH.....	26
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO. Los radicales libres desde la conceptualización en biología.....	28
2.1. El oxígeno en el aire que todos respiramos.....	29
2.2. El envejecimiento celular en la anarquía de las células.....	30
2.3. La aerobiosis un problema asociado con los radicales libres.....	35
2.4. Mecanismo de formación de las especies reactivas del oxígeno (ROS).....	36
2.5. Los radicales libres: los buenos, los malos o los feos.....	37
2.6. Los antioxidantes y su importancia contra la formación de radicales libres.....	42
2.7. Pertinencia del tema “radicales libres” en cursos de biología.....	43
2.8. El aprendizaje basado en problemas (ABP): una estrategia didáctica.....	45
2.9. ¿Por qué implementar el ABP en los bachilleratos mexicanos?.....	49
2.10. Antecedentes del ABP en el bachillerato mexicano.....	51
2.11. Los problemas detonadores del cambio. Todos los caminos llegan a Roma.....	55
2.12. Características del problema en el ABP.....	56
2.13. El aprendizaje significativo.....	57
2.14. Los estilos de aprendizaje.....	60
2.15. Evaluación del aprendizaje en el ABP.....	61
CAPÍTULO III	
3.1. Problema de investigación.....	64
3.2. Objetivo general.....	64
3.2.1. Objetivos particulares.....	64
3.3. Hipótesis.....	64
3.4. Justificación.....	65
CAPÍTULO IV	
MÉTODO.....	66
4.1. Población.....	66
4.1.1. Muestra.....	66
4.1.2. Estadística.....	67
4.2. Diseño experimental.....	68

4.3. Materiales e instrumentos.....	69
4.4. Escenario y tiempo de intervención.....	71
4.5. Diseñando la estrategia: ¿Me estoy oxidando y no me doy cuenta?.....	72
4.5.1. Procedimiento.....	76

CAPÍTULO V

RESULTADOS.....	80
5.1. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	80
5.2. Prueba U de Mann-Whitney.....	83
5.3. Estadística descriptiva.....	85
5.4. Estilos de aprendizaje.....	85
5.5. Instrumentos.....	87
5.5.1. Competencias genéricas.....	87
5.5.2. Grado de motivación e interés con el trabajo de ABP.....	88
5.5.3. Asimilación de conceptos del tema radicales libres.....	90

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN.....	94
CONCLUSIONES.....	109
PERSPECTIVAS.....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	111

APÉNDICES Y ANEXOS

APÉNDICE I. Numeralia CCH plantel Azcapotzalco.....	123
APÉNDICE II. Estudio piloto sobre el conocimiento del concepto radicales libres.....	125
ANEXO A. Cuestionario breve de pilotaje para evaluar la pertinencia del tema radicales libres.....	127
ANEXO B. Protocolo experimental. Una experiencia vitalizante.....	128
ANEXO C. Baremo general abreviado de preferencia en estilos de aprendizaje del inventario CHAEA.....	132
ANEXO D. Libros de texto que incluyen el concepto radicales libres.....	133
ANEXO E. Lista de cotejo. Autoevaluación y heteroevaluación. Competencias genéricas.....	134
ANEXO F. Coevaluación.....	135
ANEXO G. Examen pre-test / post-test.....	136
ANEXO H. Cuestionario de complementación: tema radicales libres.....	137
ANEXO I. Formato. Control de ensayo.....	138
ANEXO J. Rúbrica de evaluación actividad práctica. Una experiencia vitalizante.....	139
ANEXO K. Cuestionario valoración abp comparativamente con la metodología tradicional.....	140

Índice de figuras	página
Figura 1. Nivel de aprovechamiento en ciencias a nivel mundial. Reporte PISA 2015.....	10
Figura 2. Interacción de los sistemas de cómputo y su utilidad en la educación.....	23
Figura 3. Estudiantes de primer ingreso generación 2018 Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Azcapotzalco turno matutino.....	25
Figura 4. A) modelo de un átomo desapareado. B) Representación simbólica de un RL.....	32
Figura 5. Fuentes formadoras de RL.....	33
Figura 6. Microfotografía de retículo endoplásmico y mitocondria.....	34
Figura 7. El planeta Tierra de reductor a oxidante.....	35
Figura 8. Envejecimiento mitocondrial por incremento de RL.....	37
Figura 9. Modelos de la formación de un radical libre de oxígeno.....	41
Figura 10. Compuestos con actividad antioxidante: 1) tocoferol y 2) vitamina C.....	43
Figura 11. Elementos participantes en el diseño de una estrategia de aprendizaje.....	54
Figura 12. Imagen de jóvenes adolescentes en relación a la historia de Robert Louis Stevenson (1857). El extraño caso del Dr. Jeckyll y Mr. Hyde.....	75
Figura 13. Proceso de enseñanza-aprendizaje en las ciencias.....	76
Figura 14. Esquema de la distribución de equipos y diseño estrategia ABP.....	101
Figura 15. Resolución a un primer avance de investigación por equipos al trabajo con la estrategia de ABP.....	102
Figura 16. Evidencia del desarrollo experimental del poder antioxidante de algunas sustancias. Propuesta experimental “una experiencia vitalizante”.....	104
Figura 17. Evidencia del trabajo experimental de la práctica “una experiencia vitalizante”.....	106

Índice de tablas	página
Tabla 1. Indicadores educativos del nivel medio superior modalidad escolarizada.....	13
Tabla 2. Contenidos de las asignaturas área ciencias experimentales CCH, UNAM.....	24
Tabla 3. Ventajas de la evaluación diversificada en el ABP.....	63
Tabla 4. Composición por género de la muestra de estudio para el tema RL.....	66
Tabla 5. Diseño experimental de la intervención pedagógica.....	68
Tabla 6. Prueba U de Mann-Whitney entre los grupos del pre-test y post-test.....	84
Tabla 7. Diferencia de los grupos en intervención con el tema RL por la prueba U Mann-Whitney.....	84
Tabla 8. Comparación de las competencias generadas durante el tema RL clase expositiva.....	87

Índice de gráficas	página
Gráfica 1. Histograma grupo control pre-test.....	80
Gráfica 2. Histograma grupo control post-test.....	81
Gráfica 3. Histograma del grupo con intervención ABP en el pre-test.....	82
Gráfica 4. Histograma del grupo con intervención ABP en el post-test.....	82
Gráfica 5. Comparación de las muestras de intervención para la normalidad.....	83
Gráfica 6. Comparación de los estilos de aprendizaje de acuerdo al cuestionario CHAEA - De Honey-Alonso.....	86
Gráfica 7. Porcentaje de aceptación del uso de la estrategia, el tema y el trabajo del facilitador en el grupo de intervención.....	90
Gráfica 8. Asimilación del tema “radicales libres” por pregunta correcta.....	91
Gráfica 9. Creatividad del tema “radicales libres” como parte de un recurso literario.....	108

Índice de cuadros	página
CUADRO A. Criterios de participación en los grupos de intervención pedagógica.....	67
CUADRO B. Criterios para la elaboración de reactivos de complementación.....	69
CUADRO C. Cuadro comparativo de la estadística descriptiva de la aplicación del tema RL.....	85
CUADRO D. Evaluación de la motivación e interés del tema radicales libres con el uso de la estrategia de ABP.....	88

ABREVIATURAS

ABP	aprendizaje basado en problemas
AL	América Latina
AS	aprendizaje significativo
CCH	Colegio de Ciencias y Humanidades
CUAED	Coordinación de Universidad Abierta y a Distancia
DGB	Dirección general de bibliotecas
DGCCH	Dirección general del Colegio de Ciencias y Humanidades
DNA	ácido desoxirribunucleico
EA	estilos de aprendizaje
EMS	educación media superior
ENP	Escuela Nacional Preparatoria
ITESM	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMS	Organización Mundial de la Salud
RL	radicales libres
ROS	especies reactivas del oxígeno
SEN	sistema educativo nacional
SOD	enzima oxido dismutasa
TIC's	tecnologías de comunicación e informática
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UV	radiaciones ultravioleta

La educación es una actividad radicalmente humana, sistemática, orientada al perfeccionamiento, a la mejora de las personas, de cada una [...] por medio de acciones intencionadas de los educadores [...]. Como en cualquier otro ámbito de la realidad natural o social, el ser humano se ha propuesto su conocimiento, bien sea entendido como una comprensión profunda de su naturaleza, planteamientos, procesos y resultados, bien como una explicación de los mismos mediante leyes más o menos generales, [...] bien como instrumento al servicio de la transformación liberadora de la humanidad.

Ramón Pérez Juste; educador e investigador español (2016)

RESUMEN

El presente trabajo consistió en evaluar el impacto del tema “radicales libres” (RL) y su implementación con la estrategia “aprendizaje basado en problemas” (ABP) en estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), plantel Azcapotzalco inscritos en la asignatura de Biología I en el ciclo 2018-1.

La investigación educativa aplicada fue de tipo descriptivo, experimental, aleatorizado y transversal, para evidenciar la pertinencia del tema en los contenidos de biología y las ventajas sobre aprendizajes significativos con el uso del ABP como metodología de enseñanza-aprendizaje.

La intervención pedagógica del tema RL se desarrolló en dos grupos. Al grupo control (n=21) se dio una clase expositiva del tema y su relación con el envejecimiento celular; mientras que en el grupo de intervención con ABP (n=18), se les diseñó una estrategia a partir de la problemática ¿Me estoy oxidando y no me doy cuenta?

Del análisis estadístico aplicado a las muestras se demostró que no presentaron normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La comprobación de la hipótesis, se realizó mediante la prueba de U de Mann-Whitney Wilcoxon, para pruebas no paramétricas, con una diferencia significativa de $p < 0.05$ para el grupo control. La evaluación de la pertinencia del tema se realizó a través de las acciones declarativas, procedimentales y actitudinales, categorizadas en 20 ítems y el grado de motivación del trabajo en el ABP y los RL en 12 ítems con una escala de Likert de 5 puntos y un alfa de Cronbach $\alpha = 0.94$ y $\alpha = 0.95$, respectivamente.

Los resultados obtenidos permiten confirmar que el tema de RL aplicado con la estrategia ABP resulta motivador para los estudiantes del bachillerato y puede ser implementado en cursos de biología, con atención al diseño del mapa curricular, al ser un tema vinculante con otras disciplinas. La estrategia de ABP desarrolla más competencias genéricas de tipo procedimental, declarativa y actitudinal en comparación con la clase expositiva, pero requiere un mayor número de sesiones para su implementación.

Los aprendizajes significativos evaluados desde las competencias genéricas se desarrollan más con el uso del ABP en el cambio actitudinal y procedimental de los estudiantes y que se evidenció durante una experiencia de laboratorio propuesta como actividad complementaria.

El estilo de aprendizaje de los estudiantes influye de manera significativa en los aprendizajes asimilados del tema RL, lo que es consistente con el trabajo de investigación en sujetos cuyas variables e intereses cuentan en la forma en que se interioriza, procesa y asimila un constructo, de acuerdo a la teoría socio-cultural de Vigostky.

PALABRAS CLAVE: radicales li bres, constructivismo, aprendizaje basado en problemas, bachillerato, biología.

SUMMARY

The present work consisted of evaluating the impact of the topic "free radicals" (RL) and its implementation with the strategy "problem-based learning" (ABP) in students of the College of Sciences and Humanities (CCH), Plantel Azcapotzalco enrolled in the subject of Biology I in the 2018-1 cycle.

Applied educational research was descriptive, experimental, randomized and cross-sectional, to demonstrate the relevance of the topic in the contents of biology and the advantages over significant learning with the use of PBL as a teaching-learning methodology.

The pedagogical intervention of the RL theme was developed in two groups. To the control group (n = 21) an expository class of the subject and its relation with cellular aging was given; while in the intervention group with ABP (n = 18), a strategy was designed based on the problem. Am I rusting and I do not realize?

The statistical analysis applied to the samples showed that they did not show normality by means of the Shapiro-Wilk test. The verification of the hypothesis was carried out using the Mann-Whitney Wilcoxon U test, for non-parametric tests, with a significant difference of $p < 0.05$ for the control group. The evaluation of the pertinence of the topic was carried out through the declarative, procedural and attitudinal actions, categorized into 20 items and the degree of motivation of the work in the PBL and the RL in 12 items with a Likert scale of 5 points and a Cronbach's alpha $\alpha = 0.94$ and $\alpha = 0.95$, respectively.

The results obtained confirm that the RL theme applied with the ABP strategy is motivating for high school students and can be implemented in biology courses, with attention to the design of the curricular map, as it is a subject binding with other disciplines. The ABP strategy develops more generic procedural, declarative and attitudinal competences compared to the expository class, but requires a greater number of sessions for its implementation.

The significant learning evaluated from the generic competences is developed more with the use of the ABP in the attitudinal and procedural change of the students and that was evidenced during a laboratory experience proposed as a complementary activity.

The learning style of the students significantly influences the assimilated learning of the RL subject, which is consistent with the research work in subjects whose variables and interests count in the way in which a construct is internalized, processed and assimilated. according to the socio-cultural theory of Vygostky.

KEY WORDS: free radicals, c onstructivism, problem-b ased learning, high school, biology.

INTRODUCCIÓN

La educación en nuestro país se encuentra actualmente en un continuo análisis sobre las formas adecuadas de instrucción para los estudiantes que incursionan en educación básica y media superior; ya sea, por los materiales que se utilizan, los temas que se abordan en una clase o bien las situaciones de aprendizaje que se promueven dentro de un grupo de estudio específico (SEP, 2017).

Los cambios atribuidos a la calidad del aprendizaje, pueden asociarse sobre los aprendizajes significativos que adquieren los sujetos ante una información nueva o relevante para su andamiaje cognitivo. De acuerdo con Ausubel, esto se logra, cuando el estudiante es gestor activo de lo que aprende y como lo asimila, por lo cual; ahora la forma en que lo construye también impacta sobre sus intereses personales (Arancibia, 1999).

La forma de compartir los conocimientos por parte del docente también ha cambiado, dejando de ser el portador exclusivo del saber, para convertirse más como referente de guía o facilitador en el proceso de enseñanza-aprendizaje; al promover, que los alumnos sean más activos, autónomos y críticos sobre lo que aprenden y como lo interiorizan (Eggen, 2014).

Las nuevas tendencias educativas apoyadas en las tecnologías de comunicación e informática, como conectividad de la aldea globalizante; asimismo, la capacidad de interactuar entre los alumnos, pueden de manera relevante apoyar en el aprendizaje de un tema en particular (Pérez Tornero, 2016).

El tema de radicales libres, hasta la fecha no se ha incluido formalmente dentro de los contenidos curriculares de las asignaturas en ciencias experimentales en los bachilleratos mexicanos, a pesar de la relación que tiene con conceptos

como el envejecimiento celular, enfermedades degenerativas, contaminación, radiaciones ionizantes o especies químicas entre otras (SEP,2017).

Con estos antecedentes y dada la importancia del tema, se implementó y evaluó, la pertinencia en el curso de biología I, a estudiantes de nivel medio superior, utilizando como estrategia de enseñanza, el aprendizaje basado en problemas (ABP).

El uso del ABP, propone cambiar la visión pedagógica en el aula, donde el docente deja de ser la figura central en la enseñanza y ahora; es el alumno, el que de forma activa, se convierte en el eje central del proceso de enseñanza-aprendizaje, al construir sus conocimientos ante la búsqueda de información por indagación, para dar solución a una hipótesis o problema planteado. Además, se propone esta estrategia, con fines de motivar al estudiante a convertirse en investigador activo de su propio constructo y fomentar así, el trabajo colaborativo al compartir intereses o información con sus pares como respuesta a su gestión sobre lo que investiga (Echeverría, 2009).

Para dar respuesta al planteamiento del problema, que derivó en la propuesta de trabajo de investigación, la presente tesis se ha estructurado en seis capítulos, esperando que los resultados obtenidos contribuyan con un tema novedoso en la formación de nuestros estudiantes del bachillerato.

El primer capítulo presenta el estado del arte de la investigación, a fin de entender, que los cambios educativos se vuelven necesarios ante los nuevos retos globalizantes en la sociedad del conocimiento y los enfoques a considerar en la educación que se dan durante el proceso de enseñanza-aprendizaje entre el docente y el discente, donde la participación activa de éste último, influye de forma importante en el proceso que denomine “re-aprender a aprender” como parte de la adquisición de un nuevo constructo.

En el capítulo dos, se establece el marco teórico para la conexión del tema de radicales libres desde la conceptualización de la biología, el envejecimiento

celular y la química de los radicales libres. Asimismo, las características del ABP como estrategia que motiva a los estudiantes a los procesos de investigación y construcción del aprendizaje a nivel de ciencias experimentales y como los estilos de aprendizaje pueden influir en los aprendizajes significativos.

En el capítulo tercero se presentan el planteamiento del problema, los objetivos y la hipótesis de la presente investigación educativa.

En los capítulos; cuarto, quinto y sexto respectivamente, se exponen el método implementado para la intervención educativa del ABP bajo la pregunta detonadora ¿me estoy oxidando y no me doy cuenta?; el análisis de los resultados, la discusión y conclusiones obtenidas.

Finalmente, se incluyen dos apéndices de un pilotaje realizado con estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Azcapotzalco para explorar la pertinencia del tema y los distintos instrumentos elaborados para su evaluación en el sistema educativo medio superior en el apartado de anexos.

Esperando que las estrategias didácticas siempre cumplan un fin, que es, el de promover el aprendizaje en el estudiante, un conocimiento que le sea útil en lo individual y en lo colectivo para mejorar su sociedad.

CAPITULO I EL ESTADO DEL ARTE

La educación emergente

La educación, en todos sus ámbitos y todos los sistemas educativos, está abocada a cambios obligatorios, necesarios, exógenos y endógenos. Está sometida a un vaivén incesante de cambios: cambia la tecnología, cambian los actores, las demandas, las circunstancias... Pero precisamente es la innovación la que puede introducir sentido, racionalidad y coherencia a estos cambios. Son los cambios innovadores los que aportan auténticas novedades y los que resultan positivos.

José Manuel Pérez Tornero, comunicólogo y educador español (2016).

Uno de los grandes problemas, a nivel institucional en las escuelas de América Latina (AL) y particularmente en México, radica en las actitudes y estilos de aprendizajes que presentan los estudiantes en la actualidad. Mucho se dice que, los profesores propician alumnos pasivos, memorizadores, con poca capacidad analítica para la resolución de problemas, lo cual hace suponer que la preparación psicopedagógica, que llevan usualmente los docentes, sea un elemento que subyace en dicho problema (Castañeda, 1998).

Lo extenso y complejo de los contenidos curriculares y la falta de habilidades intelectuales requeridas para una correcta formación académica, plantean la necesidad de hacer una adecuada selección de los principios, que permitan identificar entre las capacidades cognitivas y didácticas del docente y el docente (Díaz-Barriga, 2002).

En correlación a ello, Castañeda *et al.*, (1998), determinan que, para llegar a un buen entendimiento en el proceso de enseñanza aprendizaje, se deben considerar tres actores:

- 1) El alumno: "*El que estudia*", basado en sus intereses académicos, sus creencias motivacionales, sean o no necesariamente con fines económicos, sino también de índole personal, el cómo desarrolla sus

nuevos constructos, donde la capacidad organizativa y asociativa; así como el dominio de un tema o temas de lo que aprende, permitan que flexibilice el desarrollo intelectual requerido, para evidenciar las competencias que adquiere durante una instrucción dada. Un elemento invaluable es reconsiderar que el que estudia, debe de tener una autonomía sobre la forma en que interioriza los conocimientos y se los apropia y por supuesto, la autorregulación, la cual marca una conciencia libre, que le permite evaluar y modificar, según sea el caso, como se apropia del conocimiento.

- 2) El currículo: “De lo que estudia”, donde las bases se dan desde la forma instruccional de los contenidos a aprender y los métodos didácticos asociados a los tipos de conocimiento y habilidades cognitivas que se requieren, tanto en asignaturas de formación (propedéuticas) como las disciplinares, que lleven a procesos de metacognición.
- 3) El método: “*De dónde y cuándo se estudia* ”, implica los ambientes de aprendizaje representativos de lo que se quiere enseñar, donde la propia razón sobre lo que se enseña y las creencias, permiten tomar conciencia sobre lo que se aprende, siendo útil y aplicable al individuo.

La forma en cómo se conjuntan estos factores, influye sobre los alcances de los aprendizajes esperados a nivel pedagógico, sin olvidar que, como sujetos activos, también subyacen aspectos de tipo afectivos, motivacionales, culturales, económicos, geográficos y sociales, como elementos fundamentales en todo proceso de enseñanza-aprendizaje (Sánchez, 2013).

1.1. Diferencias educativas entre un estudiante de Europa occidental con uno de América Latina.

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2014), en el informe titulado “Situación Educativa de América Latina y el Caribe. Hacia una educación para todos 2015”, reportan

que en la región, los estudiantes tienden a obtener aprendizajes, a partir de sólo la memorización, donde la acción repetitiva de un concepto plasmado bajo un examen de evaluación, en el nivel de conocimientos, puede dar un resultado positivo, pero ¿qué tanto es positivo?; si pasado el tiempo, el alumno no propicia nuevas estructuras cognitivas que le ayuden a integrar nuevos saberes bajo el proceso de metacognición (UNESCO, 2014; Bellocchio, 2016).

Las experiencias en los últimos treinta años, proponen que la evaluación de los conocimientos en los centros educativos, se ha relegado únicamente a la evaluación por examen y modelamiento del aprendizaje en la mayoría de las veces (Castañeda, 1998).

Las formas de instrucción indudablemente han cambiado buscando en todo momento, dejar los esquemas tradicionalistas de la memorización por los nuevos modelos de enseñanza-aprendizaje, soportada por los procesos de investigación cognitiva en el campo de las ciencias educativas, la pedagogía, la psicología y actualmente la informática como medio instruccional (Pérez Tornero, 2016).

En este rubro, los cambios en el mundo globalizado, replantean que organizaciones externas contribuyan con financiamiento para la educación, así como la formación masiva de medios arbitrados de divulgación en la investigación educativa (OEI, 2017).

Los centros educativos europeos, buscan ajustar sus modelos educativos ante la forma en qué y cómo se enseña, desde los niveles iniciales de instrucción preescolar, hasta el grado máximo de estudios a nivel superior; mediante la unificación de programas, bajo un marco de carácter internacional¹ que regula los objetivos y fines académicos; que en el caso de los bachilleratos, toma en cuenta que todo estudiante al llegar a la etapa de la adolescencia, ha

¹ Los países que conforman la comunidad europea trabajan la educación por la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE2011) disponible en: http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/facts_and_figures/education_structures_ES.pdf

alcanzado, la madurez psicológica, biológica y social, lo cual, permite potenciar sus capacidades cognitivas hacia ámbitos, como el laboral, social o tecnológico, y de esta forma, son evaluados los aprendizajes y acciones, ejemplo exitoso de su aplicación son las instituciones educativas en Finlandia, con los más altos estándares académicos de acuerdo al CINE4, lo que se refleja en las condiciones de bienestar y calidad de vida que tienen sus pobladores (OCDE, 2017).

Mientras, que América Latina (AL), ha desarrollado ajustes a sus modelos educativos mediante reformas educativas en países como Argentina, Colombia, Chile, Brasil y el propio México, aun así; continua presentando un gran rezago educativo, tanto en los aprendizajes como en las competencias que se fomentan en los educandos que acuden a un centro escolar, aun con cambios a las acciones de ajustar los objetivos de aprendizaje y recortar los contenidos comparativamente se equiparan con el CINE3 de los bachilleratos europeos y sobre ese estándar se estiman los aspectos macroeconómicos presentes en la mejora hacia la calidad de la educación y de bienestar (OCDE, 2017). Debido a las diferencias que subyacen entre los distintos subsistemas educativos que se tienen en AL, independientemente de cuestiones asociadas con problemas microeconómicos, emocionales, de salud o sociales, como; la interculturalidad, migración o el idioma, que pueden influir directamente sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje que se presentan también en países centroamericanos también (Sánchez, 2013; UNESCO, 2014).

En la práctica educativa, es importante considerar, que no sólo se busca satisfacer un currículo definido por la cantidad de conocimientos propuestos por los especialistas que los diseñan desde lo administrativo, sino también evaluar la parte pedagógica, que indica la necesidad de ajustes por los cambios tanto económicos como tecnológicos del siglo XXI; donde la inclusión de las herramientas de Tecnología Informática y Comunicación (TIC's) juegan un papel importante tanto en el apoyo pedagógico como en las nuevas formas de

instrucciones en enseñanza-aprendizaje (Castañeda *et al.*, 1998; UNESCO, 2014; OCDE, 2017).

Ante este hecho, la OCDE ha establecido un programa de evaluación para los alumnos (PISA) de los países adscritos a la organización, con fines de conocer e incentivar a la mejora en áreas de ciencias, lectura y matemáticas. En la prueba PISA 2015 (figura 1), la región de Latinoamérica se encuentra en bajos estándares de aprendizaje, comparado con países de Iberoamérica abriendo una gran brecha en la educación a nivel medio superior (OCDE, 2017).

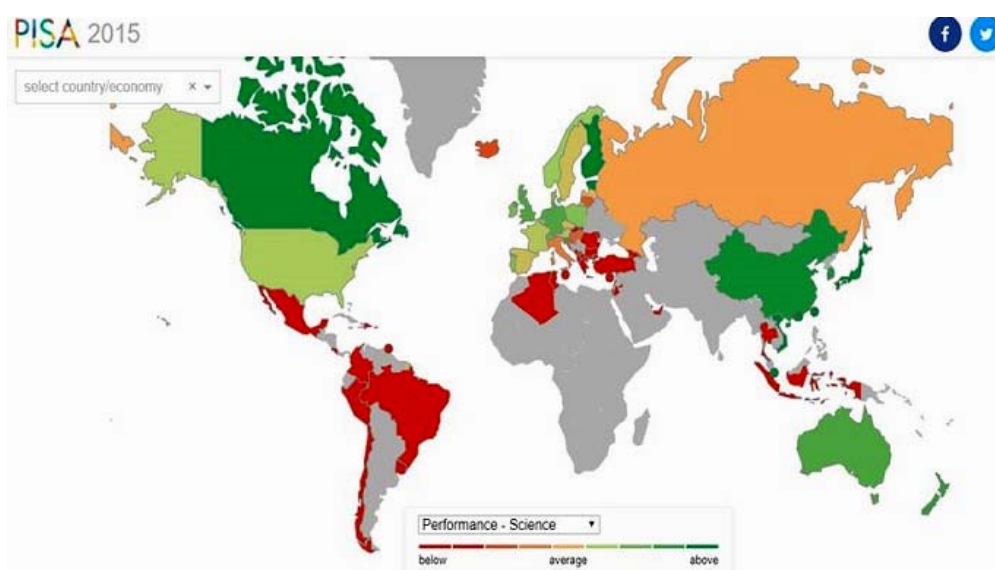


Figura 1. Nivel de aprovechamiento en ciencias a nivel mundial. Reporte PISA 2015. Fuente: OCDE, 2017 <http://www.oecd.org/education/> consultado el 31 de octubre de 2017.

Dado que las nuevas tendencias en la educación se apoyan en el uso de diversos medios, para conectar las distintas variables cognitivas, emocionales, motivacionales y sociales, resulta importante introducir, no sólo una estrategia viable y factible de implementar sino una capaz de propiciar los ambientes que cada estilo de aprendizaje pudiera requerir para el estudiante dentro de un grupo de clase² (OEI, 2017).

² Es importante considerar que mucho de lo que se aplica está previsto para las clases presenciales; sin embargo, las nuevas tendencias de educación a distancia deben de buscar el medio de poder compartir, de igual forma a los educandos, los medios que permitan cubrir las mismas estrategias de aprendizaje.

La preocupación por la “calidad educativa”, para los casos de la región de AL, deben de ser evaluados, no sólo como el concepto de más aprendizajes, sino que estos tengan un beneficio social, al dar opción de generar ciudadanos comprometidos con su entorno desde una perspectiva sostenible. Así mismo, cumplir los objetivos de aumento en la matrícula educativa, para disminuir el abandono escolar y el bajo rendimiento académico para los niveles medio superior y superior (CEPAL, 2017).

Los países de AL y el Caribe, deben de enfrentar desafíos de escolarización y aseguramiento de condiciones mínimas para un buen aprendizaje, como parte de la disminución de la brecha informática, el desarrollo de habilidades para el aprendizaje autónomo y la resolución de problemas; críticas para participar en la sociedad del conocimiento y ejercer la ciudadanía en ambientes cada día más plurales y globalizados (UNESCO, 2014).

La calidad educativa evaluada desde estándares de áreas de conocimientos, proponen como marco el hecho de diagnosticar y monitorear los aprendizajes adquiridos por niños y jóvenes por lo menos, en las áreas de conocimiento formativo que incluyen a las ciencias, las matemáticas y lectura. Por ello, la consideración de la situación socioeconómica y cultural, tanto del alumno como del medio e institución a la que accede educativamente, debe ser orientado en atención a lo pedagógico, considerando la experiencia docente y el clima escolar que prevalezca (UNESCO, 2014).

1.2. La educación media superior en México

La oferta en educación media superior (EMS), también denominado bachillerato, se organiza en tres grandes modelos: general, tecnológico y profesional técnico (SEMS, 2017).

El bachillerato general surgió en 1867, cuando se establece formalmente la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), en la cual se impartían los cursos necesarios para ingresar a las Escuelas de Altos Estudios, los cuales desde

sus inicios, fueron considerados de carácter propedéutico para continuar al nivel superior (Alcántara y Zorrilla, 2010). En la actualidad, el bachillerato general cubre el 61% de la matrícula que se registra en la educación media superior, mientras que la educación tecnológica representa el 30% y los bachilleratos bajo el rubro de profesional técnico, ejemplo el CONALEP, el 9% restante (INEE, 2011).

A partir de la reforma al artículo constitucional 3º, que a la Ley cita: *...”Todo individuo tiene derecho a recibir educación. El Estado –federación, estados, Distrito Federal y Municipios-, impartirán educación preescolar, primaria, secundaria y media superior. La educación preescolar, primaria y secundaria... [.] En el caso de la educación media superior, con objeto de proveer a su impartición con base en el federalismo, el Ejecutivo establecerá el Sistema Nacional de Bachillerato, atendiendo la diversidad de opciones educativas y el libre tránsito de estudiantes. [...]. (SEP, 2017)*

Los contenidos de los programas del bachillerato, en general, se consideran de carácter propedéutico. Su función principal es la preparación para cursar estudios profesionales, mientras que el resto promueve formar y capacitar a los alumnos para una ocupación específica dentro del mercado laboral. El bachillerato busca fortalecer las capacidades para aprender y enriquecer los conocimientos científicos, humanísticos y tecnológicos de los bachilleres, al procurar el desarrollo de capacidades para buscar, ordenar e interpretar información relevante en diversos campos disciplinarios. A ello, se agrega el interés por encontrar un uso, tanto personal como social, de la experiencia educativa a la que accede (Alcántara y Zorrilla, 2010).

Desde el 2008, con la Reforma Integral a la Educación Media Superior (RIEMS), se han iniciado cambios tanto institucionales como pedagógicos que

incluyen políticas educativas, planes académicos y capacitación a docentes en el área de las ciencias educativas³ (SEP, 2016).

Dentro del sistema educativo nacional (SEN), en el ciclo 2016-2017, la cobertura educativa fue de 70.4% en educación básica, mientras que para la EMS el 14.0%, superior el 10.3% y el restante 5.3%, cubría el área de capacitación para el trabajo (SEP, 2017).

La oferta educativa para la EMS se distribuye en primer lugar, al bachillerato general (62.4%), en segunda opción al bachillerato tecnológico (36.3%) y muy poco hacia el profesional técnico (1.3%). En atención a la edad de ingreso se matriculan estudiantes mayoritariamente entre los 15 a 17 años, presentando un cambio sustancial en la cobertura como se muestra en la tabla 1 (INEGI, 2017; SEP, 2017).

TABLA 1. INDICADORES EDUCATIVOS DEL NIVEL MEDIO SUPERIOR MODALIDAD ESCOLARIZADA.

Indicador educativo	Porcentaje %	
	2006-2007	2016-2017
Absorción	95.6	99.3
Abandono escolar	16.3	12.8
Reprobación ^a	17.3	13.7
Eficiencia terminal	58.0	66.6
Tasa de terminación	42.5	57.4
Cobertura (15 a 17 años)	57.2	76.6
Tasa neta escolarización (15 a 17 años)	43.7	62.0

^a Después de cursos de regularización

Elaboración propia: Fuente: SEP, Estadística e indicadores (enero, 2018)

³ ... El desarrollo de la EMS en nuestro país se ha caracterizado por la descentralización de las decisiones relativas tanto al funcionamiento de las distintas opciones educativas, como a la formulación e implementación de planes de estudio, [...] Ante la ausencia de una autoridad rectora que estableciera normas y criterios generales para la organización de este tipo educativo y la carencia de programas y políticas públicas que le dieran sentido e identidad, [...] Este desarrollo desarticulado propició una oferta fragmentada, con calidad muy desigual. En este contexto la Subsecretaría de Educación Media Superior ha emprendido una reforma del Integral que es agrupado para el Sistema Nacional de Bachilleratos (SNB) en el Acuerdo 442 ... (INEE 2011)

En México, la mayor parte de las instituciones de EMS, del tipo profesional y tecnológica, se encuentran en reforma de sus planes de estudio para mejorar, tanto en el marco de aprendizajes y contenidos, como en la formación para el trabajo (SEMS, 2017).

Los cambios en el mapa curricular, buscan insertar las tendencias pedagógicas del constructivismo como el medio de “aprender a aprender”. Un cambio en este paradigma está orientado a vincular los contenidos de programas con las asignaturas de una forma transversal⁴, donde los aprendizajes sean los esperados de tipo significativo (Pérez Herrera, 2016).

Sin embargo, el modelo de “*aprender a aprender*”, no es nuevo en nuestro sistema educativo, ya que fue implementado, desde su formación, en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) cuando se estableció como instancia educativa alterna a la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), por parte de la UNAM en la década de 1970 (CCH, 2016).

Los fundamentos pedagógicos y los principios filosóficos que dieron origen al CCH se encuentran en la Gaceta UNAM del 1 de febrero de 1971, conocida como Gaceta Amarilla. En ella se formula el principio de una propuesta educativa distinta a las organizaciones curriculares existentes en ese momento, caracterizada, entre otros elementos, por un compromiso social expresado en la idea de: “educar más y mejor a un mayor número de mexicanos [...], la propuesta educativa, apuntaba a que el CCH debía coadyuvar para alcanzar un país que fuera cada vez más, hacia una nación independiente y soberana, con menos injusticias y carencias; además de atender una demanda creciente de estudiantes del nivel medio superior, en el espíritu de una nueva universidad

⁴ ...Un currículo integral anima a los educadores a contextualizar contenidos, prácticas y saberes sociales y educativos en situaciones reales y concretas a tomar decisiones a partir de la realidad. El currículum transversal apunta en primer lugar a atender la diversidad social y la generación de diferentes tipos de desarrollo. Partiendo del hecho de que estos dos ámbitos, son las posibilidades a las que todos los seres humanos tienen derecho, desde la educación media como fórmula de acción social para alcanzar mejor calidad de vida en los ciudadanos... (Pérez Herrera, 2016).

construida por su comunidad.(CCH. Gaceta UNAM, 1º de febrero, 1971 pág 7)⁵.

1.3. El enfoque educativo. Un cambio en paradigmas del aprendizaje.

Un paradigma consiste básicamente, en tomar en cuenta que los actores sociales, políticos y educativos se encuentran implícitos dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje (Hernández Rojas, 1998; Bellocchio, 2016; Pérez Tornero, 2016).

Una sociedad para que sea capaz de redefinirse, tiene que tomar en cuenta los cambios socio-históricos que le subyacen, es por ello; que un planteamiento desde las aulas entre el facilitador y el estudiante; juegan un papel importante en la formación académica, no sólo como una dimensión teórica, sino también como una formación activa y práctica (Sánchez, 2013).

Gonzaga Martínez (2005), considera que, en las aulas se desarrollan, diferentes enfoques educativos que favorecen la forma de aprender en el estudiante: *el tradicional, el tecnológico y el constructivista*.

- I. Tradicional: Centrado únicamente en la transmisión de contenidos haciendo de usos de métodos expositivos, cuyo principal recurso es un pizarrón y plumón o gis. Apoya el trabajo por memorización y repetición de conceptos. El gestor principal del proceso de enseñanza-aprendizaje, suele ser el docente. La comunicación en la mayoría de los casos es unidireccional y ejecuta un rol de único poseedor de los conocimientos concretos y formales. El constructo

⁵ Algunas ideas relevantes desde la formación del Colegio de Ciencias y Humanidades fueron 1) La crítica al enciclopedismo, como tendencia educativa dominante en ese momento, y la apuesta por las materias básicas, que permitieran fomentar la vivencia y la experiencia de los métodos y lenguajes. 2) El impulso a un plan de estudios, que proponía formar en un tipo de cultura que privilegiara el aprender a aprender 3) La concepción del “maestro como orientador” en el proceso de aprendizaje y promotor de una enseñanza activa; el profesor como guía y compañero. Estos aspectos didácticos fueron sintéticamente organizados dentro de lo que se denominó sucesivamente proyecto y Modelo Educativo del CCH.

se toma como un producto acabado que el estudiante debe asimilar, siempre de forma receptiva (Hernández Rojas, 1998; Gonzaga, 2005).

II. Tecnológico: Centrado en la transmisión de los contenidos de un tema a diferencia se apoya el proceso con medios audiovisuales, multimedia u otro relacionado con tecnología informática como por ejemplo simuladores. El gestor del conocimiento sigue en manos del docente, pero permite intercambiar con el estudiante algunos mensajes dependiendo de los recursos tecnológicos en que se apoya, cuando el docente hace uso de materiales educativos mejor elaborados y con un fin que permiten en el estudiante acceso a múltiples medios de aprendizaje. El conocimiento puede ser visto como un instrumento que se refuerza con el uso de las TIC's, y tiene como ventaja el manejo de otras habilidades en el estudiante (Espíndola, 2000; Gonzaga, 2005).

III. Constructivista: Centrado en la participación activa del estudiante, quien además es el gestor de su propio conocimiento. El docente pasa a ser un guía o facilitador del proceso, debe contar con una capacidad de mediar entre la cultura y el conocimiento en contextos múltiples, que favorecen una retroalimentación bidireccional. El nuevo conocimiento se forma a partir de los saberes previos presentes en el estudiante; así como, la disposición efectiva y afectiva que tiene el sujeto para generar un constructo duradero y con sentido significativo en su andamiaje (Gonzaga, 2005, Eggen, 2014).

El proceso de aprendizaje, se puede entender entonces, como el resultado de la construcción activa del sujeto sobre el objeto de aprendizaje. Esto, lleva a un aprendiz activo, capaz de desarrollar hipótesis propias, acerca de cómo funciona el mundo, lo cual es puesto a prueba permanentemente (Benlloch, 1997). Supone asimismo; la generación de operaciones mentales y

procedimientos prácticos; que de acuerdo a Piaget (Gallego, 2013) en la etapa formal, que deben permitir seguir aprendiendo, no sólo durante el tiempo está dentro del sistema educativo (sea formal o no), sino al momento de verse insertado en el ámbito laboral como proponen Vigostky y Bruner (Hernández Rojas, 1998). Esto supone, que el docente y el discente, exploran y aprenden juntos, pero que esta búsqueda del conocimiento mutuo puede ser revestido desde diferentes dimensiones, incluyendo la forma en que accede a la sociedad del conocimiento en el mundo contemporáneo (Arancibia, 1999).

El conocimiento, como actividad de naturaleza humana, tiene como objetivo, la descripción y explicación de los fenómenos de la realidad, con el fin de generar teorías que permitan predecir el efecto sobre lo que se interioriza. Las tendencias educativas del siglo XXI, promueven la investigación y el desarrollo como parte de dicha actividad humana, lo cual implica, la explicación de diferentes campos de la realidad para teorizar, tratando de producir cambios en lo que aprende. Es así como la parte de la ciencia busca operar y transformar en el mundo del conocimiento y su cercanía con la realidad (Espíndola, 2000).

Si el aprendizaje y los conocimientos se formalizan en las instituciones educativas, entonces, es relevante la forma, en que los contenidos de una asignatura se abordan y desde esa perspectiva, deben ser considerados para que se vinculen, como el conjunto de saberes y formas culturales que el estudiante asimila y se apropia y así involucrarse en la ciencia y la tecnología emergente (Pérez Tornero, 2016).

El estudiante es capaz de crear, construir o rediseñar activamente su conocimiento. Basado en lo que sabe y en la relación activa que tiene con los otros sujetos, con los que interactúa y construye, dando así una interpretación al enfoque de tipo constructivista (Pimienta, 2007).

Sin embargo, no es posible indicar, que existe una sola forma de constructivismo para la enseñanza de las ciencias ni de las matemáticas, pues los requerimientos de ciertos conceptos previos juegan un papel importante en el andamiaje conceptual para los nuevos saberes (Hernández Rojas, 1998; Pimienta, 2007).

La capacidad del sujeto para construir aprendizajes, tiene que ver con el uso, manejo y apropiación de estrategias⁶, que le permitan conocer, y buscar la información que necesita, en un momento dado, y resolver una tarea o solucionar un problema, ya sea de forma explícita como implícita (Benlloch, 1997; González Lomelí, 2009).

Un requisito fundamental, es la capacidad cognitiva utilizada para modificar de forma eficiente sus constructos, mediante instrumentos, herramientas o acciones durante el aprendizaje (Díaz-Barriga, 2002; Salas, 2014). La adquisición del conocimiento pone a prueba la construcción personal del sujeto y su dimensión social como un proceso, donde el contexto social influye directamente sobre el procesamiento cognitivo. La capacidad cognitiva del estudiante se trasmite desde los contextos culturales, por lo que, el aprendizaje se ve favorecido entorno a la zona de desarrollo proximal (ZDP) que propone Vigotsky (1987). Considerando este punto de la construcción del conocimiento, podría exponerse que la ZDP sería la distancia entre el nivel real de desarrollo en el que es capaz de resolver independientemente un problema, y su capacidad potencial, aunado al trabajo con sus pares (Hernández-Rojas, 1998). Es por ello, que las propuestas de estrategias de aprendizaje, pueden favorecer en el constructivismo y el tipo de constructos, para que el estudiante haga mejor uso de lo que ya conoce y de lo que sabe hacer y de esta forma, sea capaz de mejorar en la búsqueda de sus “actos”, al tomar conciencia de su naturaleza, sus capacidades y sus procesos de pensamiento, ejerciendo un

⁶ Una estrategia es una representación cognoscitiva de secuencias de acciones complejas ligada a la noción de un plan. La estrategia es una manera global de decidir diferentes tipos de acciones que serán aplicadas a lo largo de un curso, una actividad o un contenido. (González Lomelí *et al.*, 2009)

autocontrol, hasta llegar a su autorrealización, de acuerdo a las jerarquías de Maslow (1954); estableciendo diversos componentes metacognitivos (Benllonch, 1997; Echevarría, 2009; González *et al.*, 2010, Salas, 2014). Mientras que ahora, el profesor centra su papel como mediador y facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje y se convierte en el agente cultural que apoya a su formación, de libre albedrío, al considerar que el estudiante, como sujeto, presenta características socio-afectivas y motivacionales que le conforman de manera individual y colectiva bajo el esquema de inteligencias múltiples propuesto por Gardner (1989) (Gallego, 2013).

1.4. [Re]-aprendiendo a aprender

De acuerdo, al diccionario de la Real Academia Española (RAE), la definición de “*aprender*” se concibe como la adquisición de un conocimiento por medio del estudio o de la experiencia, que se fija en la memoria del sujeto (RAE, 2014).

Pozo (2006), considera que, el cambio de condiciones sociales y culturales, aunado a los avances tecnológicos, llevan a la necesidad de desarrollar nuevas maneras de aprender en los estudiantes (reingeniería educativa), de tal manera, que la relación de los conocimientos que adquiere sobre hechos o fenómenos que extrae de su realidad, se ajustan a nuevas representaciones mentales que requieren un modo de ordenación cognitiva que se construye y reconstruye junto a la percepción de cada individuo (Espíndola, 2000).

El modelo de aprender se divide en tres dimensiones en función del alcance de logros metacognitivos del sujeto (Díaz Barriga, 2002).

a) *Aprender a aprender*, es un concepto multidimensional que incluye habilidades complejas del pensamiento, autorregulación y autoestima. Es la base para aprender a lo largo de la vida y propician que el sujeto, sea capaz de adquirir nuevos conocimientos por cuenta propia de una forma integral (Osses, 2008; Calero, 2015; Pérez Tornero, 2016). Se considera que el

alumno es el centro del proceso de enseñanza aprendizaje al asumir la responsabilidad sobre su propio aprendizaje (Díaz-Barriga, 2002).

El proceso busca promover en el estudiante hacer consciente, tanto el proceso que lo llevó a formular un nuevo conocimiento, como la manera en que se vincula éste con otros constructos, aprendiendo mejor mediante el proceso de razonamiento lógico deductivo, sobre el cual subyace su propio desarrollo psico-biológico (Bellocchio, 2016). Implica establecer metas; al identificar los problemas a solucionar, valorando los avances alcanzados; gestionando y corrigiendo los errores que se presentan durante el proceso. El estudiante asume así, un pensamiento crítico, que lo capacita para juzgar la validez de los conocimientos que se le presentan; lo cual concibe así, a todo individuo inmerso en su cultura, capaz de decidir sobre los conceptos tecno-científicos y los valores legítimamente adoptados en sociedad (Pozo, 2006).

b) Aprender a hacer, comprende la capacidad de incorporar los elementos de orden procedimental con los aspectos conceptuales y actitudinales de manera articulada (Zarzur, 2002). Implica que los alumnos sean capaces de leer todo tipo de textos, escribir y expresar sus ideas, resolver problemas o elaborar e interpretar gráficos, realizar un proyecto o experimento, manipular dispositivos de laboratorio, el autocuidado de su cuerpo, colaborar en equipos, entre otras muchas otras acciones prácticas, lo cual se orienta a un manejo de formas procedimentales (Díaz-Barriga, 2002).

c) Aprender a ser, representa para el estudiante, la afirmación de valores personales que deberá aplicar a lo largo de su vida, y que hoy se unen a los procesos de sustentabilidad tanto personal como sistémica para hacerse responsable sobre los actos que implican cuestiones de naturaleza bioética al desarrollar una personalidad y una identidad propia que se hace necesario en el mundo contemporáneo (Pérez Tornero, 2016).

Los alcances de esta formación implican un autoconocimiento y una empatía hacia el otro, formación importante en el marco de los alcances educativos, que

Pérez Tornero (2016), denomina educación 3.0 de los nuevos individuos en el siglo XXI.

1.5. El Colegio de Ciencias y Humanidades

El modelo educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), se sustenta en un paradigma de tipo constructivista desde su formación, en la década de 1970. Alejado de la educación tradicional, memorística y enciclopédica, con exceso de contenidos de aprendizaje que permeaban en las instituciones, incluyendo a la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), se vio más dirigida a una instrucción pedagógica centrada en el profesor y con un alumno altamente dependiente (CCH, 2016).

La perspectiva educativa, adoptada en el CCH, define los principios filosóficos que le caracterizan al ubicar al alumno en el centro del acto educativo y lo concibe como una persona capaz de transformar su medio y a sí mismo, convirtiendo a la educación en un acto vivo y dinámico. En el Colegio este paradigma se sustenta a partir del principio: aprender a aprender (CCH, 2016).

El plan de estudios original del CCH, tuvo una primera revisión en el año 2006, conservando las orientaciones y principios pedagógicos con los que dio origen en 1971 (CCH, 2016). Dividido en cuatro áreas de conocimiento, busca cumplir la filosofía de *aprender a aprender*. Las áreas de atención en el proceso educativo se dirigen a partir de cuatro ejes principales repartidos durante los seis semestres que cubre su bachillerato en:

- 1) Matemáticas. Su función es enseñar a los estudiantes la resolución de problemas, al conocer y descubrir el entorno físico y social, bajo la visión de un desarrollo de exactitud y formalizar en el manejo de las operaciones.
- 2) Ciencias experimentales. Su función es vincular el desarrollo de la ciencia y la tecnología, con la incorporación de estructuras y estrategias del pensamiento apropiadas a este hecho, al permitir

reconocer y comprender la información que día a día se les presenta de naturaleza científica, para comprender fenómenos naturales que ocurren en su entorno o en su organismo buscando una explicación racional de esos hechos.

- 3) Histórico-social. Se fundamenta en que los alumnos analicen y comprendan problemas específicos del acontecer histórico de los procesos sociales del pensamiento filosófico y la cultura universal en la que se desarrolla como sociedad.
- 4) Talleres de lenguaje y comunicación. En esta área, el uso consciente y adecuado de un conocimiento reflexivo y su representación simbólica, busca profundizar en la capacidad de entender y transmitir tanto en español como en una lengua extranjera y vincularlo así a la sociedad actual.

La currícula del modelo educativo cubre un total de 36 asignaturas obligatorias y la materia de computación, que originalmente tenía la función de uso de hardware y software; en la actualidad incluye, además la formación en el manejo de herramientas de navegación, como citar textos en formato APA y prevención de riesgos cibernéticos entre otros aspectos, mediante el trabajo de un taller de cómputo formal por un semestre (CCH, 2016). El uso de los equipos de cómputo se considera ya una herramienta indispensable en el nuevo esquema de instrucción con el uso de las TIC's y la nube WEB 2.0, lo cual convierte a los estudiantes en nativos de las nuevas aplicaciones en tecnología portable (figura 2).

Del área de ciencias experimentales, se atienden las asignaturas de Biología, Química, Física, Ciencias de la Salud y Psicología, que bajo el enfoque del constructivismo, busca que los aprendizajes generados, sean entendidos como las acciones que apoyan adquirir habilidades, actitudes y valores respecto a las temáticas abordadas en dichas disciplinas (CCH, 2017).



Figura 2. Interacción de los sistemas de cómputo y su utilidad en la educación.

Imagen tomada con fines ilustrativos

<http://utilidaddelanubeeducacionylaboral.blogspot.mx/2016/05/interaccion-de-la-nube-en-la-educacion.html>

En la tabla 2 se enuncian los principios conceptuales considerados en el plan de estudios 2006 y ajustados para su relación con el proceso de enseñanza aprendizaje en el área de ciencias experimentales para el nuevo milenio.

En el año 2016, fue aprobado un cambio en los programas de estudio, actualizando las asignaturas de los primeros cuatro semestres que entraron en vigor en el ciclo 2016-2017 (CCH, 2017).

El nuevo plan de estudios, considera la relación de la biología con materias de física y química como cercanas para el estudio del comportamiento de la energía y la materia, la dinámica de los átomos en sus reacciones, que permiten explicar los cambios en la materia viva a través de la comprensión de grupos moleculares importantes para la célula, como las macromoléculas o el papel que juegan el ambiente en los sistemas biológicos entre otros (Plan de estudios 2016. UNAM, CCH, 2017).

**Tabla 2. Contenidos de las asignaturas área ciencias experimentales
CCH, UNAM**

Química	Física	Biología	Ciencias de la Salud	Psicología
Mezcla. Compuesto. Elemento. Reacción química. Átomo. Molécula. Enlace.	Sistema. Inercia y fuerza. Masa inercial e ímpetu. Velocidad de aceleración. Energía y trabajo. Calor y temperatura. Entropía. Onda. Fenómenos ondulatorios. Dispersión y polarización de la luz. Partícula. Luminiscencia y emisión estimulada. Carga y campo eléctrico. Corriente eléctrica y diferencia de potencial. Campo magnético. Onda electromagnética. Circuito. Espectro electromagnético. Efecto fotoeléctrico. Átomo de Bohr. Espacio y tiempo. Radioactividad. Densidad, peso específico y presión. Tensión superficial y viscosidad. Flujo laminar y turbulento.	Célula. Biomolécula. Homeostasis. Transporte pasivo y activo. Metabolismo. Quimioautótrofo, fotoautótrofo y heterótrofo. Fotosíntesis, respiración y fermentación. Replicación, transcripción y traducción del ADN. Mitosis y meiosis. Reproducción asexual y sexual. Herencia. Cromosoma, gen, genoma. Mutación. Recombinación genética. Flujo génico. Ingeniería genética. Biogénesis y abiogénesis. Evolución. Selección natural. Adaptación y extinción. Deriva génica. Especie y especiación. Biodiversidad. Taxonomía y sistemática. Población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera. Flujo de energía. Ciclo biogeoquímico. Ambiente y dimensión ambiental. Desarrollo sustentable.	Salud y salud integral. Factor de riesgo, protector y resiliente. Enfermedad y prevención. Desarrollo humano. Alimentación, nutrición y dieta. Anorexia, bulimia, desnutrición y obesidad. Reproducción y sexualidad. Conducta de riesgo. Recreación y sociedad.	Proceso psicológico, cognición, percepción memoria, aprendizaje, lenguaje y pensamiento. Emoción y motivación afectividad. Proceso psicosocial, autoestima, actitud, creencia. Relaciones humanas, dinámica familiar, relaciones de pareja, atracción interpersonal, desarrollo del individuo. Temporalidad del desarrollo humano Cambio progresivo, regulatorio y regresivo. Desarrollo cognitivo, psicosocial y socio-afectivo. Sexualidad y erotismo. Vinculación afectiva. Dimensión psico-social de la sexualidad.

Fuente: Plan de estudios CCH 2006. Orientación y sentido de las áreas del Plan de estudios actualizado. Ciencias experimentales. Disponible en [http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/planestudios/S O %20Area C Experimentales.pdf](http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/planestudios/S_O_%20Area_C_Experimentales.pdf)
Consultado 8 de diciembre de 2015.

1.6. Numeralia en el CCH

De acuerdo a estadísticas de la secretaría de informática de la Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades (DGCCH), en el ciclo 2015-2016, el ingreso al CCH, de los estudiantes a primer semestre, después de la evaluación del examen único de ingreso al bachillerato, promedió entre 5.6 y 6.5 de calificación. La proporción de estudiantes, por género, tienden a ser de 1:1; con ligera tendencia a matricularse más del sexo femenino, por ejemplo en el plantel Azcapotzalco, en el 2016, en primer ingreso se registró una matrícula de 47% de varones y 53% de mujeres. Con relación a la edad de ingreso en ese ciclo la proporción mayoritariamente fue 15 años (59%), mientras que 14 años el 25 por ciento y el porcentaje restante contaba con 16 años o más (figura 3).



Figura 3. Estudiantes de primer ingreso generación 2018 Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Azcapotzalco turno matutino. Autor. Isabel Mejía L.

El Dr. Salinas Herrera, en el informe presentado para el Plan de Desarrollo Institucional de la UNAM 2015-2019 a la junta de gobierno, proporciona datos del tránsito escolar en el CCH desde la acreditación, reprobación o deserción

por los estudiantes. Por ejemplo, hace referencia que en el primer y segundo semestre, las asignaturas de mayor acreditación corresponden a los idiomas, mientras que las Matemáticas I y II tienen el mayor índice de reprobación y en asignaturas como Química y Francés, se presenta el mayor número de deserción al concluir el primer año lectivo de instrucción en el bachillerato. Para los siguientes semestres, matemáticas, física, química y talleres de diseño ambiental, presentan menos de 80 % en acreditación, asociados también a más deserción por parte del estudiantado (ENCCH-informe 2016).

A partir de la implementación de tutorías y recuperación académica por cada plantel, el CCH, en vinculación con entidades de la UNAM como la Coordinación de Universidad Abierta y a Distancia (CUAED) y el fortalecimiento con el Bachillerato a Distancia, a través de B@UNAM, han diseñado estrategias apoyadas con el uso de las TIC's, en las actividades académicas, a partir de diversos programas orientados a elaboración de contenidos didácticos que promuevan una mejora en los procesos de enseñanza-aprendizaje de manera preventiva, remedial y complementaria, a fin de disminuir los índices de reprobación y deserción escolar bajo el título de "Programa de Asesorías en Línea" (PAL). En este tenor, el diseño de objetos de aprendizaje implementados a través de la plataforma del CCH y Moodle, han desarrollado, ocho guiones instruccionales para la asignatura de Biología I y II; seis para Química I y II. Entre los temas que se abordan se ubican: meiosis, respiración aerobia, estructura del ecosistema, relaciones de comunidades, ciclos biogeoquímicos, dimensión ambiental, población humana, reacciones químicas, carbohidratos y finalmente vitaminas y minerales (ENCCH-informe, 2016, CCH, 2017).

Finalmente, las diez licenciaturas que tienen más demanda por pase reglamentado de acuerdo al informe de egreso y en ese orden de importancia son: derecho, psicología, médico cirujano, arquitectura, cirujano dentista, administración, medicina veterinaria y zootecnia, biología, contaduría y relaciones internacionales, lo que demuestra que cinco de cada 10 estudiantes

tienen inclinación por carreras del área de investigación o químico biológicas y tan sólo el 10% presenta preferencia por carreras asociadas a físico-matemáticas (ENCCH-informe, 2016).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Los radicales libres desde la conceptualización en biología

The history of science, like that of all human ideas, is a story of irresponsible dreams, of obstinacies and errors. However, science is one of the few human activities -perhaps the only one- in which errors are systematically criticized and very often, over time, corrected.
Karl Poppe filósofo, sociólogo y teórico de la ciencia (1902-1994)

En la biología como ciencia factual, uno de los problemas a resolver es la construcción de conceptos, vistos a la luz de la experimentación, mediante la aplicación del método científico. Sin embargo, no en todas las veces, se ha llegado a un nuevo conocimiento por este medio, sino más bien, se ha identificado que en algunos casos, los errores, la serendipia y las ideas alternativas o “*misconceptions*” juegan un papel importante en la formación del constructo científico *per se* (Giordan *et al.*; 1987, Benlloch, 1997; Carretero, 1997; Nason, 1998).

En el siglo XIX, se concibe a la biología como una ciencia; ante las múltiples aportaciones de investigadores en diversas áreas, aún expuestos al choque ideológico, social o institucional presente en ese momento histórico (Cervantes y Hernández, 2001; De Erice, 2012).

La construcción del saber científico, es un proceso dinámico, donde las aportaciones sucesivas no se han dado como un resultado lineal y progresivo, sino más bien, como un proceso complejo, dirigido más al acto de apropiación del pensamiento, que trata de explicar situaciones propias de lo “que se vive” para dar un sentido, no tan sólo en el estricto proceso biológico-evolutivo, sino como una concepción epistemológica, dada por la relación dialéctica entre la ciencia y la filosofía⁷ (Giordan *et al.*, 1987).

⁷ La construcción del más pequeño elemento de racionalidad es el resultado de un complejo proceso que siempre se inscribe en una historia de las ideas, [...] Los caminos que llevan a un indicio de

2.1. El oxígeno en el aire que todos respiramos

La asociación de un fenómeno vital en todo ser, es la respiración y obtención de formas de energía (De Eurice, 2012; Starr, 2016). Sin embargo, la comprensión del proceso relacionado con la oxidación de compuestos, tuvo una evolución gradual desde la conceptualización del fenómeno, hasta su integración bioquímica (Giordan, *et al.*; 1987).

Los primeros elementos de la respiración fueron ligados “al soplo vital”, con las observaciones de Aristóteles y los atomistas Demócrito, Anaxágoras y Empédocles, quienes ya cuestionaban, que algo participaba más allá de la observación de lo real⁸. El avance del conocimiento sobre la anatomía humana y su relación con la fisiología, se consolidan con los trabajos de William Harvey y su libro libro “*Di motus cordis*” (1628), que explicaba por primera ocasión la función del bombeo del corazón y el movimiento circulatorio de la sangre en relación a mantener la vida (Smallwood, 1976; Giordan *et al.*, 1987).

Los avances en investigación científica propuestos desde la relación del aire como un compuesto químico de simples características, hacia los procesos oxidativos, se favorecen en el siglo XVIII, ante los descubrimientos de Prestley, Boyle y Lavoisier con el estudio de los gases (Smallwood, 1976); lo que llevo a relacionar, que tanto en la respiración como en la combustión, el oxígeno atmosférico es vital, pues contribuye con aportes calóricos en alguna forma de energía⁹ (Cervantes y Hernández, 2001).

estructuración dotada de una racionalidad incipiente son mucho más sinuosos. Relacionan elementos muy heterogéneos, tan heterogéneos que en cuanto se profundiza en una etapa, las rupturas nunca son tan rotundas como parecían *a priori*. [...] y no tiene otra razón [...] que la de facilitar la argumentación. Giordan *et al idem* pág.14

⁸En una reflexión propuesta por Platón –“...La respiración permite, satisfacer las necesidades nutritivas del cuerpo; el aire parece aportar “partículas” que permiten nutrir el cuerpo, que, sin duda son el soporte de un proceso fisiológico gracias al cual el cuerpo puede sobrevivir...” *Idem*, pág.35

⁹ De acuerdo a Laplace, se planteó la hipótesis de que la respiración, no se limita a la combustión de una parte del hidrógeno contenido en la sangre, ... la respiración trae consigo no solo la formación del

No es, sino hasta el siglo XX, cuando se describen por primera vez, los procesos a nivel celular y la respiración mitocondrial a través de una serie de reacciones químicas que realizan la transferencia de electrones, con la consiguiente producción de trabajo y energía (Leningher, 1970). Después de varios procesos asociativos, en 1949, se da a conocer el ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico y la fosforilación oxidativa, que incluye la secuencia de reacciones sucesivas presentes en la matriz mitocondrial, donde los catalizadores (enzimáticos y no enzimáticos), son indispensables para los procesos oxidativos y la obtención de compuestos moleculares altamente energéticos como el adenosín trifosfato (ATP) (Starr, 2016).

En el marco de avances tecno-científicos, hoy en el siglo XXI; se replantea si la presencia de componentes como los radicales libres (RL), pueden activar en otro orden de ideas, la función bioquímica de la célula y de macromoléculas como el DNA bajo el concepto de la epigenética y los daños fisiopatológicos que se generan principalmente en el humano (Céspedes, 2000; Cornejo, 2017).

2.2. El envejecimiento celular en la anarquía de las células

El envejecimiento es un proceso que todas las células llevan a cabo como parte del ciclo celular (Starr, 2016). Este proceso involucra factores intrínsecos y extrínsecos en atención a como se da el metabolismo celular (Echeverrú, 2010). Los cambios bioquímicos en tejidos, la disminución progresiva de las funciones fisiológicas en diversos órganos y la exposición a sustancias ambientales, han sido relacionados con la alteración sobre ciertos componentes celulares que pueden acelerar el proceso (Cabisco, 2014).

Desde la década de 1950, se han propuesto diversas teorías que intentan explicar el envejecimiento celular a partir del aumento de compuestos químicos intermediarios, poco estables y altamente reactivos, RL, que se producen de forma natural durante la respiración aeróbica, y que al no ser inactivados

dióxido de carbono, sino también la formación de agua, lo que lleva a una nueva participación en la producción de otros fenómenos asociados.

intracelularmente, pueden dañar estructuras que podrían provocar una muerte celular anticipada (Céspedes, 2000; Rodríguez Perón, 2001; Cornejo, 2017).

El impacto ante la presencia aumentada de RL en el medio intracelular, como resultado de un desorden a nivel bioquímico, induce la destrucción de biomoléculas estructurales importantes para la célula, favoreciendo así de manera indirecta la disminución sobre la resistencia ante cambios ambientales, ya sea por exposición a radiaciones ionizantes de tipo ultravioleta (UV) o de contaminantes exógenos de naturaleza química o microbiana, generando así un daño severo a la misma (Stengel *et al.*, 2007).

Los RL son átomos que resultan de la ruptura química de un enlace, quedando con un electrón desapareado, que es susceptible de volverse más reactivo a consecuencia en la tendencia a reestablecer su par de electrones hacia una configuración más estable¹⁰ (Vargas, *et al.*, 2007).

La figura 4 muestra la representación simbólica de un RL, a fin de generar un modelo¹¹ para la comprensión de la química atómica y el acercamiento conceptual con los estudiantes, en atención a las estructuras de Lewis para indicar la falta de un electrón acoplante (Ordenes, 2014; Cabrera Castillo, 2015).

¹⁰ Como definición formal un radical libre es un átomo o molécula que queda con un electrón desapareado en el orbital más externo, capaz de existir independientemente como resultado de una ruptura homolítica. Las moléculas de oxígeno, hidrógeno y metales de transición en estado iónico, son altamente reactivos y tienen afinidad por otras moléculas en la célula.

¹¹ Los modelos como representaciones abstractas, permiten a los estudiantes un acercamiento a las ciencias y son reconocidos como producto de la misma acción mental (aprender la ciencia). Cuando el estudiante los crea, reproduce o diseña le confieren un contacto más vivencial al mismo (aprender a hacer ciencia), finalmente el control sobre la validez o descartar el modelo forma parte del quehacer científico (aprender acerca de la ciencia).

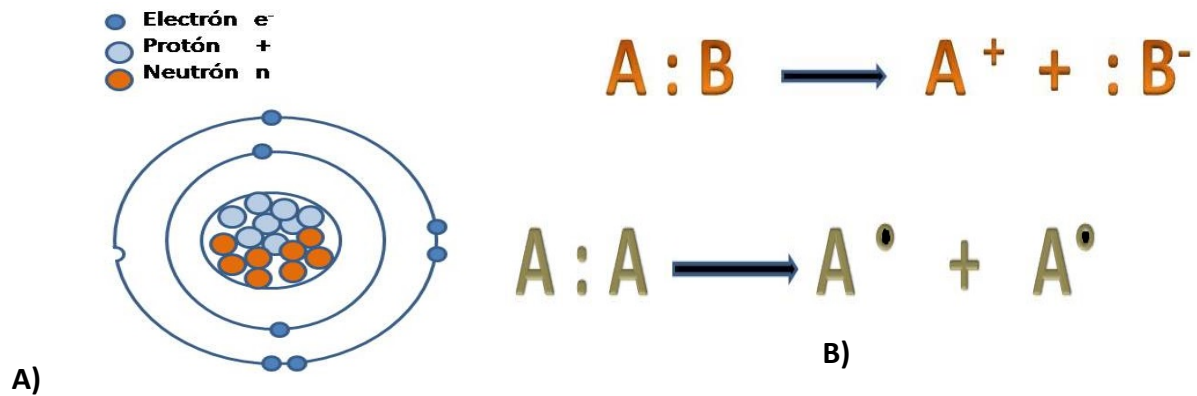


Figura 4. A) modelo de un átomo desapareado. B) Representación simbólica de un RL
 Elaboración propia.

Los RL son el resultado de los procesos fisiológicos propios del organismo como, parte vital del metabolismo, desde la nutrición, la obtención de energía en la respiración y el gasto energético en procesos aeróbicos como el ejercicio (González-Torres, 2000). De manera natural la célula inactiva a los RL, mediante reacciones químicas que pueden ser de naturaleza enzimática o no enzimática, dependiendo el nivel de interacción con otras moléculas de oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂), para formar peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y óxido nitroso (NO°), los cuales al acumularse en forma excesiva provocan daños a corto, mediano y largo plazo en las células o en un órgano (Hernández-Saavedra, 2007, Sarabia, *et al.*, 2017).

Evaluaciones médicas han asociado a la exposición continua de factores como contaminación ambiental, tabaco, radiación ionizante, ciertos medicamentos y aditivos químicos disponibles en alimentos y pesticidas favorecen la producción de más RL en la matriz celular (figura 5) (Paredes, 2002; Pendyala, 2008).

Durante la respiración mitocondrial, los RL se forman de manera natural llevando a cabo un equilibrio entre las reacciones en cadena, por medio de varios transportadores que se oxidan y se reducen sucesivamente, como productos intermediarios del proceso de respiración aeróbica (Rodríguez Perón, 2001; Cárdenas-Rodríguez, 2006).

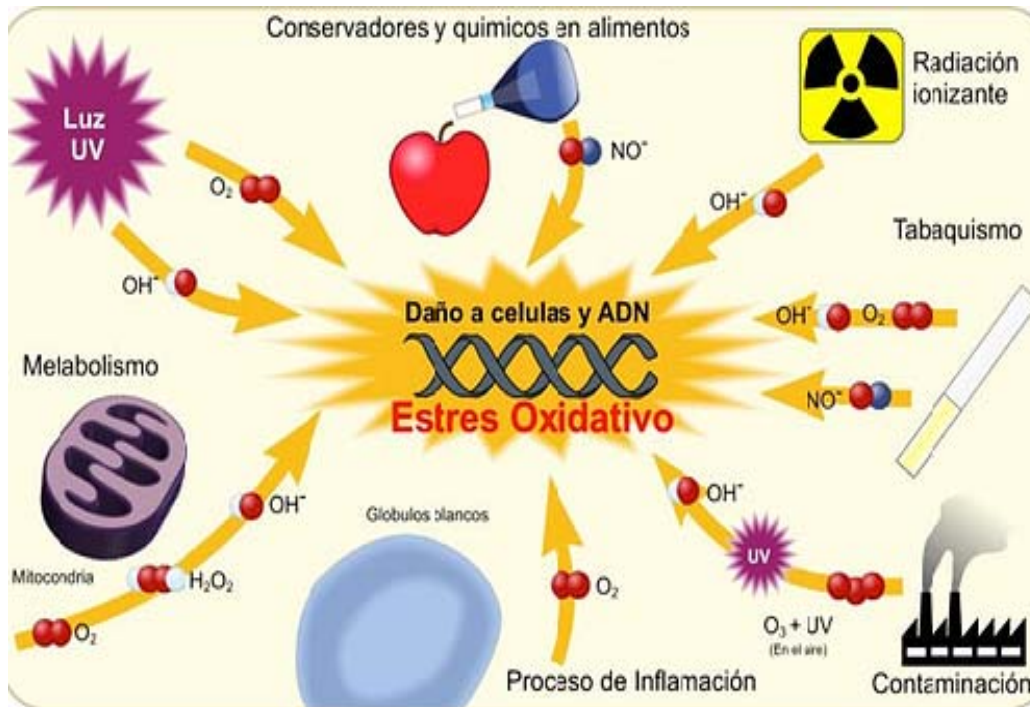


Figura 5. Fuentes formadoras de RL. Tomado de *J. Indian Soc. Periodontol.* 2008; 12(3): 79-83.

Cuando un RL inicial entra en contacto con una macromolécula, la modifica al transferir o capturar un electrón de su último nivel energético. Entonces, es ahí cuando comienza un daño a nivel molecular, al ser transferido por medio de los acarreadores de electrones, durante las múltiples reacciones *redox* que se presentan intracelularmente y que incluso pueden ser moléculas circulantes hacia otros tejidos alejados (Corrales, 2012).

Las estructuras intracelulares de generación de RL incluyen a las mitocondrias, lisosomas, peroxisomas, membrana nuclear, membrana celular y el retículo endoplásmico liso (figura 6) (Céspedes, 2000; Corrales, 2012).

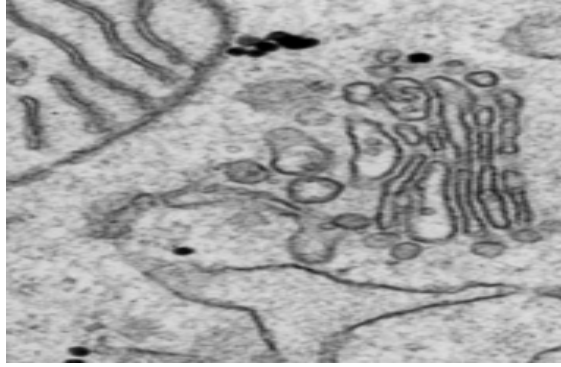


Figura 6. Microfotografía de Reticulo endoplásmico y mitocondria. [Imagen con fines ilustrativos recuperada el 30 de enero de 2018 de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/RET%C3%8DCULO_ENDOPLASM%C3%81TICO.jpg]

El estudio de los RL ha permitido relacionarlos directamente con enfermedades de tipo neurodegenerativo como el Alzheimer, Huntington, Parkinson, procesos relacionados con carcinogénesis y en consecuencia el envejecimiento celular (González-Torres, 2000; Cabisco, 2014).

2.3. La aerobiosis un problema asociado con los radicales libres

El oxígeno es un compuesto vital para el metabolismo de los organismos terrestres, ya que participa en diversas reacciones de oxidación, incluyendo como propia la respiración aeróbica (Lehninger, 1970).

En la formación de la tierra durante el eón Archeano, (entre los 4,600 a 3,800 Ma), el planeta presentaba una atmósfera de tipo reductora (figura 7). Los primeros organismos de tipo protobionte se enfrentaron a los procesos evolutivos que dieron lugar durante el eón Proterozoico a las primeras formas de vida, que realizaron actividad fotosintética, con el consiguiente proceso de formación como producto de desecho oxígeno de tipo molecular (Starr, 2016). El aumento consiguiente de la concentración de oxígeno, y la formación de nuevos organismos más complejos, tanto a nivel organizativo como metabólico, dieron pie a una nueva forma de obtención de energía a partir de procesos heterótrofos, en los cuales el uso del oxígeno permitió la producción de más

moléculas altamente energéticas bajo el catabolismo por oxidación aeróbica¹² (Cárdenas-Rodríguez, 2006; Starr, 2016). Al mismo tiempo las células se vieron comprometidas a desarrollar mecanismos de defensa que contrarrestarán el aumento de la concentración de oxígeno en su entorno, al convertirse ahora en un compuesto tóxico para las bacterias aeróbicas que habitaban ya el planeta (Cascales, 2005).

En 1954, Gershman¹³ propuso, que el efecto citotóxico generado por el aumento en la concentración de la matriz celular del oxígeno era causado por la formación de los RL (Saldaña, 1998; Cornejo, 2008, 2017).

Dadas las condiciones del proceso evolutivo geológico y biológico, los seres vivos desarrollaron sistemas de defensa, tanto a nivel enzimático y no enzimático de tipo antioxidante, como parte de la adaptación natural (Saldaña, 1998; Cascales, 2005; Cornejo 2017).



Figura 7. El planeta Tierra de reductor a oxidante. [Imagen tomada con fines ilustrativos el 5 de febrero de 2018 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archean.png>].

¹² En los organismos aeróbicos, el oxígeno es el último aceptor de los electrones de la cadena respiratoria; la enzima citocromo C oxidasa del complejo IV de la transferencia de electrones reduce completamente el oxígeno a agua por la adición de cuatro protones y cuatro electrones.

¹³ La teoría de Gerschman se basa en tres postulados: 1) Los RL constituyen un mecanismo molecular común de daño cuando los animales son sometidos a altas presiones de oxígeno y a la radiación ionizante. 2) El desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes produce los efectos tóxicos y 3) La producción de RL es un fenómeno continuo con implicaciones en el envejecimiento y la carcinogénesis. *Idem* pág. 142

2.4. Mecanismo de formación de las especies reactivas del oxígeno (ROS)

Durante el proceso de respiración, el oxígeno molecular (O_2) se reduce, dando origen a especies químicas intermediarias reactivas del oxígeno (reactive oxygen species por sus siglas en inglés ROS), que en su mayoría se comportan como RL. Los radicales derivados del oxígeno, son altamente tóxicos y son capaces de reaccionar con diversas macromoléculas, provocando entonces, daño desde el nivel celular al tisular, con la consiguiente alteración de su función (Boveris, 2005).

Las ROS se forman por la reducción secuencial del O_2 , que primero produce el radical superóxido ($\overset{\cdot}{O}_2$) y el radical perhidróxilo (HO_2°), para posteriormente generar peróxido de hidrógeno (H_2O_2), como intermediario en la cadena respiratoria de transferencia de electrones en la matriz mitocondrial y finalmente formar el radical hidroxilo (OH°) para llevar a la estabilidad con la formación de moléculas de agua y dióxido de carbono con el balance energético (Cárdenas-Rodríguez, 2006).

Cuando el proceso no es el adecuado, los RL se ven aumentados en número, lo que lleva consigo una acumulación en concentración de ROS y con el paso del tiempo una disminución de la producción de ATP, impidiendo recuperar el equilibrio bioquímico a nivel celular (figura 8) (Rodríguez Perón, 2001; Cascales, 2005).

Como mecanismo de defensa, los sistemas biológicos son capaces de actuar con ayuda de un grupo de enzimas del tipo Superóxido Dismutasa (SOD), para recuperar de equilibrio bioquímico, al actuar sobre el RL $\overset{\cdot}{O}_2$ y convertirlo a H_2O_2 , el cual sigue siendo tóxico, pero a través de la acción de la enzima catalasa, se estabiliza en la cadena de transportadores de electrones para formar finalmente agua y oxígeno molecular, como producto de desecho (Cárdenas-Rodríguez, 2006).

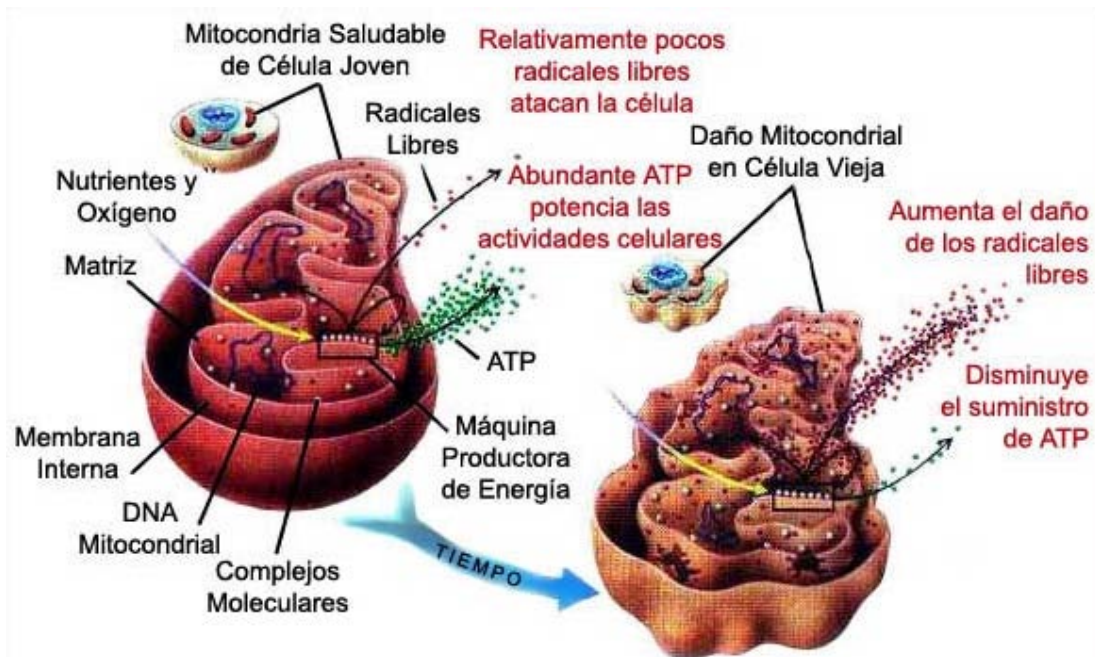


Figura 8. Envjecimiento mitocondrial por incremento de RL [Imagen tomada con fines ilustrativos recuperada el 25 octubre de 2017 <http://www.creces.cl/new/internas/popup.asp?tc=1&nc=7&art=1484%20&corr=1>]

2.5. Los radicales libres: los buenos, los malos o los feos

Una vez que un RL se genera a nivel celular, tiene una vida media de microsegundos, pero en ese corto lapso de tiempo pueden interactuar con otras biomoléculas cercanas a donde se genera. Los lípidos y los ácidos nucleicos representan el grupo de macromoléculas más susceptible de ser atacados por los RL, ya que entre sus estructuras se presentan formas insaturadas a nivel molecular (Paredes-Salido, 2002).

El daño asociado con los RL en el DNA, por ejemplo, puede generar mutaciones a nivel puntual en un gen, lo que lleva en consecuencia a una mala traducción en la síntesis de proteínas y en la expresión asociada a nivel de una enfermedad (Céspedes, 2000; Pratt, 2012).

La afectación directa sobre el DNA, está identificado en la azúcar desoxirribosa, la cual al oxidarse, puede inducir el rompimiento del enlace entre

el azúcar y el grupo fosfato del siguiente nucleótido, durante el acoplamiento de la cadena lateral 3'-5'. El aumento de RL del tipo OH° se ha identificado también, como capaz de reaccionar con las bases nitrogenadas, lo que se ha asociado a mutaciones puntuales por sustitución o delección, entre la guanina (G) y la citosina (C). Las mutaciones se concentran en regiones específicas del nucleótido G, lo que provoca la formación de rompimientos de la cadena nucleotídica¹⁴ (Quintanar Escorza *et al.*, 2009; Echeverri-Ruíz, 2010; Pratt y Cornely, 2012).

En el caso de los lípidos, en respuesta a la presencia del RL O₂°, se lleva a cabo un proceso de lipoperoxidación¹⁵ acelerado, el cual provoca principalmente daños a nivel de la permeabilidad, transporte y rompimiento de la membrana celular. Mientras que, cuando los RL de tipo OH° se forman muy cerca de las membranas plasmáticas, son capaces de extraer átomos de hidrógeno de las membranas fosfolipídicas, lo cual favorece la formación de una nueva especie reactiva, denominada radical lipídico, que al reaccionar con el O₂° más rápidamente origina el radical peroxilo (R-OO°) quien, en forma de una reacción exponencial, reacciona con otros ácidos grasos cercanos, formando así más radicales hasta llegar al hidroperóxido (R-OOH), el cual en presencia de complejos metálicos, se descompone en más radicales, propagando así el rompimiento de la membrana citoplasmática¹⁶ (Vasdev *et al.*, 2006; Vargas, 2007).

Estudios clínicos han relacionado los procesos de lipoperoxidación con el aumento de triglicéridos y colesterol de baja densidad (Low Density Lipid LDL), los cuales promueven enfermedades crónicas degenerativas de alta

¹⁴ Uno de los productos en este daño es la 8-hidroxiguanosina, la cual es identificada en la orina humana cuando el DNA es reparado.

¹⁵ La lipoperoxidación puede ser asociada con el grado de rancidez en grasas saturadas

¹⁶ Durante la lipoperoxidación se forman otros compuestos como el 4-OH-2,3-transnonenal que es altamente tóxico para las células y es capaz de reaccionar con el DNA e inhiben la síntesis de proteínas y la reparación de las cadenas nucleotídicas de los ácidos nucleicos.

prevalencia, como son las cardiovasculares (ECV) y la diabetes (Hernández-Saavedra, 2007; Maldonado, 2010).

El daño por RL en proteínas y carbohidratos, se ha mencionado como efecto directo sobre aminoácidos como la cisteína, entre los puentes disulfuro y provocando así el rompimiento de los enlaces peptídicos, fragmentando la estructura terciaria de la molécula y por consiguiente alterando la función de la misma (Díaz-Acosta, 2006). La disminución en la concentración de proteínas de naturaleza enzimática intracelularmente y la acumulación de péptidos dañados, comprometen de manera importante la funcionalidad de la célula. Las proteínas asociadas a la membrana plasmática, pueden llevar en consecuencia problemas sobre las funciones transportadoras de los canales proteicos, los receptores o los inmunorreguladores, lo que a largo tiempo puede desencadenar en procesos de tipo inflamatorio (Bravo y López-Ortega, 1998).

Pero entonces, siempre son los malos en la historia. Si se evalúa por la importancia que tienen a nivel bioquímico, se conoce que, a nivel fisiológico, los RL juegan un papel clave en la homeostasis, como en el caso del óxido nítrico, producto de la enzima óxido nítrico sintasa. Cuando el óxido nítrico participa en la relajación muscular, cuando este demanda un gasto dependiente de la guanosin monofosfato cíclico (GMPc) (Sarabia-Cadena *et al.*, 2013).

Asimismo, el superóxido (O_2°) que se forma por la enzima oxidasa NAD(P)H, controla la producción de eritropoyetina asociada al control de la ventilación, relajación del músculo liso y en la transducción de señales de varios receptores membranales, que activan funciones inmunes orgánicas. Entonces, todo es derivado de un proceso molecular y bioquímico especializado, que activa el sistema humoral para combatir infecciones microbianas o bien participa también en la regulación de la apoptosis en las células (Bravo y López-Ortega, 1998; Sarabia-Cadena *et al.*, 2013; Cornejo, 2017).

Un término que actualmente se encuentra en voga, es el llamado estrés oxidativo. El estrés oxidativo ocurre cuando hay un desequilibrio en las células,

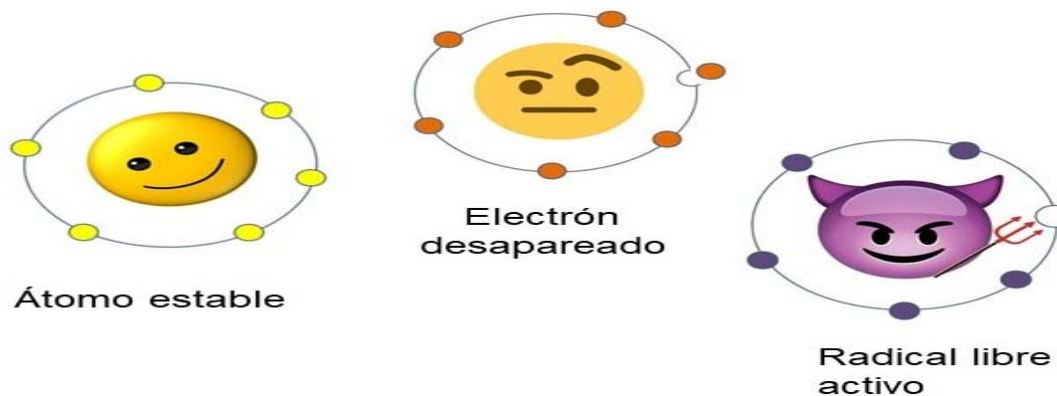
debido al aumento de los RL y la disminución de los antioxidantes, conforme transcurre el tiempo, este desajuste daña los tejidos donde se acumula (Saldaña, 1998; Boveris, 2005; Environmental Health Fact Sheet, University of Michigan, 2012). Algunas situaciones fisiológicas que se han asociado en los seres humanos se reflejan en el cambio de la apariencia física, dando un aspecto de envejecimiento acelerado (Sarabia-Cadena *et al.*, 2013).

Pero entonces, ¿ahora somos feos? El envejecimiento temprano, en apariencia, debido a las condiciones de salud propias de cada individuo, serían un reflejo del cambio que se está manifestando a nivel celular (Stengel, 2007)

Como parte de los retos del siglo XXI, la Organización Mundial de la Salud (OMS), propone que el aumento en enfermedades crónicas degenerativas, puede estar relacionado directamente con el estrés oxidativo. Visto desde otro aspecto, los cambios en el estilo de vida y la alimentación han acelerado procesos en enfermedades no transmisibles, como la diabetes y cardiovasculares¹⁷ (OMS, 2017).

La parte de cuidado asociado con la captación y disminución de los RL está vinculado a la presencia de antioxidantes y muchos alimentos tienen esta propiedad, por lo que, en la búsqueda de una explicación, los RL tienen una función buena en las células, pero en exceso se convierten en los malos de la película, para finalmente, llevar a lo feo de una enfermedad (figura 9) (Hernández-Saavedra, 2007; Navarro, 2016).

¹⁷ La OMS a junio de 2017 tiene consideradas que el 70% de las muertes en el mundo son de tipo no transmisible. De las cuales el primer lugar la ocupan enfermedades cardiovasculares, seguidas de cáncer, enfermedades respiratorias y diabetes. La OMS reporta que el consumo de tabaco, inactividad física, uso nocivo del alcohol y las dietas altamente calóricas aumentan los riesgos de morir por esta situación. La detección, prevención y tratamiento oportuno reduce en gran medida el alto impacto que lleva a nivel económico, social y emocional de quien lo padece.



**Figura 9. Modelos de la formación de un radical libre de oxígeno.
(Diseño para la clase expositiva). Elaboración propia.**

Las células presentan mecanismos de protección, de manera que los RL derivados de la activación del oxígeno pueden ser transformados a productos menos tóxicos o no tóxicos (Boveris, 2005). La protección de las células contra los RL derivados del oxígeno comprende, no solo la captura de estos intermediarios agresivos, sino también la prevención de su formación, la inhibición de su propagación y la reparación de las lesiones (Vargas, 2007). La primera línea de defensa del organismo contra los RL es la prevención, esto implica la acción de procedimientos que bloquean su formación, como sería la presencia de proteínas que se unen a metales (en particular hierro y cobre) lo que controla eficientemente la lipoperoxidación y la fragmentación del DNA, ya que de esta manera se evita la participación de estos metales en las reacciones donde se producen las diferentes ROS (Vargas, 2007).

En la actualidad, existen métodos cualitativos y cuantitativos capaces de evaluar la presencia de RL de forma directa o indirecta. Los más utilizados involucran la capacidad del poder antioxidante de algunos reactivos y sus productos finales. Entre los análisis más frecuentes son la presencia de malondialdehído (MDA), y la disminución de SOD en muestras plasmáticas,

orina o el glutatión, como en las pruebas de reducción del citocromo C mediante la cuantificación de ferricitocromo por la formación del superóxido, inhibición de la aconitasa *in vitro* e *in vivo*, oxidación de hidroetidina, todas estas evaluadas a través de técnicas analíticas especializadas, que incluyen el manejo de equipos como espectrofotómetros de luz ultravioleta (UV-Vis), cromatografía líquida de alta eficiencia (conocida como HPLC por las siglas en inglés high performance liquid chromatography), pruebas de quimioluminiscencia y fluorescencia para identificar cambios en reacciones oxido-reducción (Cárdenas-Rodríguez, 2006; Corrales, 2012). Lo que plantea; entonces, la necesidad de un conocimiento de bases bioquímicas, así como conocer los principios del manejo de equipos e instrumentos en investigación a los estudiantes de bachillerato.

2.6. Los antioxidantes y su importancia contra la formación de radicales libres

Las células cuentan con mecanismos de regulación (enzimático y no enzimático), que tienen como función, reducir la acción oxidativa de las ROS. Se conoce que otros mecanismos de defensa se asocian al consumo de ciertos alimentos con propiedades antioxidantes, pues tienen la función de ceder un electrón al RL estabilizando o disminuyendo su efecto tóxico (Sarabia-Cadena, *et al.*, 2013).

Por ejemplo, la vitamina E, los betacarotenos (presentes en vegetales de color naranja), y el licopeno (rico en la piel de jitomates), actúan en el medio liposoluble de la célula, disminuyendo el impacto de los RL al interactuar con los dobles enlaces de las estructuras resonantes de dichos compuestos, al participar en la absorción y transporte de los lípidos. Mientras que la vitamina C, se ha asociado neutraliza al RL del oxígeno singulete, capturando los RL del OH° y del superanión O₂°, propiciando al mismo tiempo la regeneración a la forma oxidada del glutatión y la protección al DNA mitocondrial (Paredes Salido, 2002)

Las nuevas generaciones deben de enfrentar un gran reto, ante los cambios de estilo de vida y la falta de actividad física, por ello, en los últimos veinte años se ha dado un gran valor al cuidado nutricional y el consumo de ciertos alimentos asociados con propiedades antioxidantes, caso claro la dieta mediterránea y el aumento de nutrientes de origen vegetal asociados a grupos de flavonoides, (figura 10) que tienen propiedades antihiper glucémicas y dislipidémicas, incluso son motivo de trabajos de investigación en ciencias básicas pre-clínicas y farmacológicas, lo cual lleva también a un abordaje en la formación particular de los estudiantes a nuevas licenciaturas con características antropológicas, médicas o nutricionales¹⁸ (Avello, 2006; Delgado, 2010; Vinayagam, 2015; Granata, 2015).

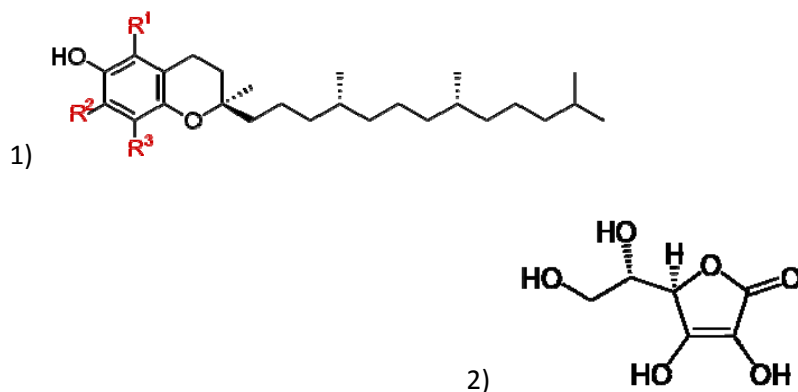


Figura 10. Compuestos con actividad antioxidante: 1) tocoferol y 2) vitamina C.
Fuente: <https://www.wikipedia.org/>

2.7. Pertinencia del tema “radicales libres” en cursos de biología

La importancia de los RL es alta pues afecta directamente en la salud de los seres eucariotas que presentan, ya una organización más compleja, por tal motivo, es un tema que debe ser abordado por su relevancia desde el bachillerato o de ser posible antes de una forma introductoria con fines de

¹⁸ La UNAM acaba de crear la Lic. En nutrición que se impartirá en la FES Zaragoza para atender las nuevas demandas sociales y médicas. Gaceta No. 4936 del 1° de febrero de 2018.

mejorar la calidad de vida y las condiciones nutricionales, genéticas y ambientales hacia una visión más global.

En el caso del tema de RL, se puede encontrar como un concepto propio de la química en sus modalidades analítica, sintética u orgánica, sin embargo, en la materia de biología no se profundiza mucho el tema (Cornejo, 2017).

En una revisión propia de tipo documental, realizada a bases de metadatos de 80 libros cuyo título principal fue únicamente biología, biología celular o biología molecular, disponibles en la biblioteca de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI) y de la Dirección General de Bibliotecas (DGB) llevada a cabo en el año 2015, sobre la inclusión del concepto *radicales libres* (RL), *Free radicals* (FR) y *especies reactivas de oxígeno* (ROS), en los contenidos temáticos y a los cuales se tiene libre acceso para estudiantes tanto de bachilleratos como licenciatura, se encontró que el término de RL era poco citado y asociado al estrés oxidativo sólo se hace referencia a partir de ediciones recientes de 2006 a la fecha. Anteriores a esta fecha, no se daba tanta importancia a su función sobre el daño celular, sino era más asociado como producto derivado de la exposición a radiaciones ionizantes, lo que demuestra la poca difusión del tema (Anexo D).

El tema de RL, para los bachilleratos en Iberoamérica, principalmente España, desde finales de 1990 se incluye en los cursos de biología nivel ESO 2° relacionado con la importancia en cuidado a la salud. Mientras que en países de Latinoamérica como Colombia y Chile el tema se introdujo al inicio del nuevo milenio (<https://www.educastur.es> consultado el 10 de octubre de 2015).

El uso de las TIC's ha dado la oportunidad para centros educativos en AL, al diseñar cursos que incluyen el tema a partir de plataformas virtuales, tal es el caso, del programa de desarrollo de las ciencias básicas de Uruguay (PEDECIBA), el cual cuenta con videos, tutoriales y ejercicios programados para el tema RL partiendo de la explicación de las funciones de los antioxidantes. La información está disponible en el canal de youtube

https://www.youtube.com/watch?v=HgQKvY0_yZs (accesado el 15 de octubre de 2017).

En el caso de los bachilleratos mexicanos, solamente un libro editado por Pearson Educación, integrado en la Colección Conocimientos Fundamentales, Biología vol. I año 2006, bajo la Coordinación del Dr. Luis Felipe Jiménez¹⁹, en su apartado de biología celular incluye el concepto y su importancia en el daño al DNA y otras biomoléculas.

Con la finalidad de identificar la pertinencia del tema RL en los cursos de biología en el bachillerato se realizó un estudio piloto (Anexo D), a 50 estudiantes al azar, que asistían a cursos regulares en el CCH plantel Azcapotzalco turno vespertino en noviembre de 2015, para identificar las ideas previas sobre el tema RL y su importancia vista desde la perspectiva estudiantil.

2.8. El aprendizaje basado en problemas (ABP): una estrategia didáctica

El aprendizaje basado en problemas (ABP) surge en la década de 1960, en la Universidad de McMaster, Canadá, cuando educadores médicos se replantean la necesidad de enseñanza en la medicina, con fines de lograr formar a los futuros médicos, en atención a las experiencias con pacientes reales (Morales Bueno, 2004). Sustentado en que la mayoría de sus academias basaban los aprendizajes, sobre todo en clases expositivas extensas, mientras que las aplicaciones clínicas se prolongaban ante la demanda creciente de información y el uso de nuevas tecnologías, se buscó un cambio en las habilidades y el perfil de los egresados, para dar solución a los problemas de salud, mientras los estudiantes se convertían en investigadores, al ser capaces de sintetizar hipótesis, iniciar un proceso indagatorio para poder responder y comprobar o contrastar con base a información validada, con el fin de atender los casos

¹⁹ En colaboración con distintos investigadores de la UNAM y como parte del programa de producción de libros y materiales digitales para el bachillerato se realizaron trabajos durante la gestión del Rector Dr. Juan Ramón de la Fuente.

nuevos que se presentaban ante las enfermedades emergentes (Savery, 1995).

En sus inicios el camino no fue fácil, y siguiendo con las enseñanzas alcanzadas, otros centros educativos continuaron con el ejemplo, contando entre sus antecesores a la Universidad de Michigan, al implementar casos de estudio en su currículo preclínico en América del Norte. Para el año de 1970, las universidades de Maastricht, en Holanda y Newcastle, en Australia, instauraban el ABP en sus modelos de instrucción médica como una estrategia de enseñanza-aprendizaje. Así en la década de 1980, en los Estados Unidos, se implementaron planes académicos basados en el ABP, siendo líderes en este rubro, las Universidades de Hawaii, Harvard y Sherbooke, esta última en Canadá (Dueñas, 2001).

De acuerdo a Barrows (1986), citado por Morales Bueno (2004), define al ABP como un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida, para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos. Mientras Osses y Jaramillo (2008), consideran que una estrategia de aprendizaje es un procedimiento o secuencia integrada a una acción, que se construye como un plan en el cual el sujeto selecciona entre diversas alternativas, con el fin de conseguir una meta fija de aprendizaje, lo cual abarca también al ABP.

El ABP, es un proceso de indagación que busca resolver preguntas, curiosidades, dudas e incertidumbres sobre fenómenos complejos que se presentan en la cotidianidad, donde el potencial real del aprendizaje, pueda ser considerado sobre la propia capacidad del estudiante como promotor de la resolución a un problema planteado (Eggen, 2014). Esta metodología permite que, a través del trabajo interdisciplinario y de forma transversal, se integren diferentes áreas del conocimiento²⁰ (Escribano, 2008).

²⁰ En atención a este punto, se puede aducir que lo más significativo, no es sólo lo que se aprende de un contenido académico, sino se promueve el desarrollo de competencias genéricas, tales como; la

Los grupos de estudio de esta estrategia suelen ser colaborativos, se escuchan y comunican entre sí, dando oportunidad a intercambios de puntos de vista distintos, para buscar una conclusión razonable, siendo o no cuestionable aún la veracidad de dicha conclusión (Barell, 1999). Se considera que los descubrimientos, que a la luz de los hechos, que se rescatan, permiten al docente (que de ahora en adelante será nombrado facilitador), evaluar según el grado de razonamiento, las oportunidades para la transferencia de ideas o situaciones ajustadas a la vida real, al cubrir el objetivo de aprendizaje, al comprender, analizar y aplicar algo con un fin útil a todo individuo; asimismo promueve aspectos de autorregulación e independencia sobre lo que asimila e interioriza el estudiante (Pimienta, 2007).

El ABP, se ha planteado como una estrategia que implica, entonces, la ejecución de una amplia gama de esquemas instruccionales, que parten desde el docente-facilitador, hasta la introducción y acción de la investigación por parte del estudiante, lo cual conlleva, una situación particular, inclusive sobre el ajuste a los ambientes áulicos y los currículos de las diversas actividades disciplinares, en las cuales están inmersos los estudiantes en los distintos niveles educativos (Sánchez, 2013). Barell (1999) cita...*"El ABP puede definirse como un cambio en el currículum, que puede afectar significativamente la cultura de toda la escuela"* ..., de ser una realidad, involucra todo un cambio también en las estructuras administrativas y sociales de los que reciben la instrucción por esta estrategia.

El ABP, como estrategia didáctica, propone que las preguntas "detonadoras" tienden a iniciar tanto el proceso de investigación como el conflicto cognitivo del aprendizaje. Planteado desde el proceso de la capacidad en las acciones lectoras y sobre la inquietud de lo que se observa, siendo congruente o no con la realidad a la que se encuentra asociado el sujeto en su entorno. En la

comunicación, el trabajo en equipo, el ímpetu por innovar y la característica emprendedora al, gestionar el desarrollo de habilidades tanto individuales como grupales a partir de la interacción y la comunicación con sus pares, que lo hacen responsable de su aprendizaje y de sus compañeros.

heurística educativa, esta capacidad se considera desde el ámbito ontológico al descubrir y crear constructos mediante el pensamiento divergente, para después llevar a un proceso convergente, en atención a lo que requiere conocer, avanzando o retrocediendo en el aprendizaje²¹ (Arancibia, 1999; Rodríguez, 2014).

Bajo la visión de una estrategia pedagógica, el ABP debe ser considerado independiente del currículum de la asignatura y estar dirigido con la finalidad de mejorar el proceso de aprendizaje global del estudiante, lo cual implica, evaluaciones de los objetivos en distintos momentos para identificar las necesidades propias del sujeto y priorizar para la adquisición de dicho conocimiento, no tanto como respuesta a la resolución del problema (Lermanda, 2007; Jiménez; 2013).

Una limitante posible para el currículum educativo mexicano, puede estar sustentada en la posibilidad de su aplicación con frecuencia en los salones, debido a que dentro de las consideraciones a mediar, se cuentan el tiempo, los recursos, las habilidades del docente²² y la madurez de los estudiantes a los cuales se les aplica; sin olvidar que como individuos, además los estudiantes, sobre todo de bachillerato, se encuentran con la estructuración de su “yo” como sujeto e interiorizan valores, creencias sobre lo que le rodea, tanto en lo social como ambiental, y continuamente están rompiendo y re-asimilando los constructos que a su interés pueden ser más óptimos y verdaderos (González-Lomelí, 2009, Gallego, 2013).

²¹ Los modelos heurísticos utilizados en resolución de problemas, inician con 5 momentos: focalizar, analizar, resolver, validar y reflexionar. *Idem* pág. 117

²² Muy pocos docentes tanto en educación media superior y superior, tienen alguna formación en pedagogía, por tal motivo, enseñan cómo fueron enseñados, es decir, a través de clases expositivas. Esta modalidad normalmente está orientada al aprendizaje de los contenidos, priorizando los conceptos abstractos sobre los ejemplos concretos y sus aplicaciones.

2.9. ¿Por qué implementar el ABP en los bachilleratos mexicanos?

La educación juega un papel importante, al ser la palanca social que propulsa los cambios en la sociedad, pero a su vez, se plantea como el medio que considera las mismas necesidades sociales y transformaciones que en ella se generan, y por ende; debe estar cercano a la realidad de los que reciben instrucción formal para lograr aprendizajes significativos. (Correa, 2009).

Investigaciones en distintos niveles educativos, plantean la necesidad continua de ajustar los contenidos y el estilo de aprender, con el fin de que, lo que el estudiante asimile (propuesto en las teorías cognitivas por Piaget, Ausubel, Vigotsky y Bruner, entre otros), desde el ámbito socio-cultural, sea útil a su vida, aunque en muchas ocasiones el proceso, además, sea orientado a desarrollar las capacidades suficientes que le permitan incursionar en el campo laboral y poder obtener un ingreso remunerado aunque no tenga claro un concepto (Hernández Rojas, 1998; Molina, 2006).

México no escapa a esta observancia, si se considera que muchos niños y adolescentes se incorporan al mercado laboral antes de los 15 años, para apoyar al sustento del hogar, propiciando el abandono escolar y la no conclusión de estudios entre el nivel básico y el nivel medio superior (UNESCO, 2016; OCDE, 2017).

Un factor importante para considerar su implementación es la necesidad de resolver un problema, que afecta la realidad del sujeto, entendido en este caso el estudiante; asimismo, la pericia del docente que sea capaz de evaluar los aprendizajes esperados de un tema o contenido específico (Eggen, 2014).

El *boom* de las últimas tres décadas, del uso de las nuevas tecnologías en la sociedad del conocimiento, ha impactado fuertemente en las escuelas en todo el mundo. La aldea digital globalizante y los estudiantes bajo la generación de los nuevos *millennias*, son capaces de desarrollar habilidades y destrezas que parece los acerca a la resolución de problemas, pero ¿qué tanto los

concientizan sobre su verdadera cercanía con la naturaleza?, qué tan real suele ser para ellos algunos conceptos con respecto a los que se vislumbraban en el siglo XIX, donde las preguntas buscaban respuestas a lo que se observaba, sin más elementos que los sensoriales y la tecnología estaba apenas en la organización con máquinas que repetían procesos mecánicos (Ferreiro, 2006).

Los modelos tradicionalistas de educación, basados en la memorización o en la instrucción por el docente, siguen muy arraigados en el sistema educativo mexicano, donde las formas de transferencia de los conocimientos se dan como una clase expositiva, ante tal situación el estudiante se convierte en muchas ocasiones, en sólo receptor de los mismos sin objetar, ¿cómo? o ¿por qué se dio algo? y reproducen de la misma forma en un examen para validar lo aprendido y que estaba en ese momento presente (Gonzaga, 2005).

Para González Hernández (2009) el copiar apuntes y memorizar no implica aprender desde el punto de vista pedagógico. Esto sólo conlleva un sujeto receptor pasivo del conocimiento, lo cual puede influir en la pérdida de interés del alumno por el aprendizaje que adquiere, al no relacionar lo que estudia y lo que vive, implicando de forma intrínseca una disminución sobre el desarrollo de potencialidades en sus competencias y habilidades, tanto personales como vistas hacia un mercado laboral (Pozo, 2006; Correa, 2009; Gallego, 2013).

El mismo docente se enfrenta a una realidad de readecuar sus estructuras cognitivas que le den la flexibilidad de cambiar y ceder el papel de poseer todos los “saberes” a el de facilitar el “*qué hacer*”, el “*cómo hacer*” y el “*re-aprender*” para que el estudiante sea capaz entonces de formar sus propios constructos. (Zarzar, 2000; Espíndola, 2000; Pozo, 2006, Díaz Barriga, 2010; Pérez Tornero, 2016)

Pérez Tornero (2016), considera que la instrucción centrada en el alumno, debe buscar como oportunidades: a) el equivocarse puede ser sano como valor pedagógico del error, que permite la detección, reflexión y la consecuente

cambio de estructura cognitiva; b) aprender a preguntar, en el sentido de la capacidad crítica que induzca a nuevas interrogantes de interés y c) el permitirse enseñar a compartir como resultado de un fin común.

El ABP requiere la generación de inferencias que lleven al estudiante a tomar decisiones sobre la información que tiene, la que le falta y la jerarquización de lo que tiene a su alcance para dar respuesta a la pregunta detonadora que lo lleve a formalizar los constructos necesarios, sin considerar que la pregunta *per se* no es el conocimiento, sino es más bien la vía para que se cubra un objetivo de aprendizaje en un curso o tema (Espíndola, 2000).

2.10. Antecedentes del ABP en el bachillerato mexicano

El ABP, se ha implementado desde sus inicios en cursos de educación superior principalmente para apoyar a las academias de medicina, odontología, enfermería y psicología, mostrando que resulta eficiente en la construcción de aprendizajes significativos, asimismo; como esquema para la solución de problemas que los acercan a la realidad y cotidianidad (Morales Bueno, 2004). En cuanto a su importancia como estrategia de enseñanza-aprendizaje ha sido motivo de investigaciones en tesis de licenciatura y posgrado en áreas de ingeniería, medicina, odontología, ciencias políticas, filosofía y letras, psicología, química y biología principalmente (DGB, 2017).

En atención a la aplicación de la estrategia en la EMS, el mayor número de citas hacen referencia al CCH y al Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM.), donde la estrategia ha mostrado ser eficiente y bien aceptada. Actualmente el ITESM como estrategia ha propuesto el cambio a modelos híbridos tipo “storytelling” (ITESM, 2014).

Muchos de los trabajos desarrollados para el bachillerato han sido proyectos de investigación producto de la MADEMS en el campo de conocimiento en biología y otras acciones incursionadas directamente por los profesores del

CCH en la UNAM para clarificar el proceso de trabajo con la metodología de ABP (Gutiérrez, *et al.*, 2012)

La transferencia pasiva de la información es algo que se pretende eliminar al implementar la estrategia del ABP, al contribuir al proceso investigativo de la información aportada por el estudiante o un grupo de pares que buscan conciliar información para generar nuevos constructos apropiados a sus necesidades (Pimienta, 2007).

A continuación se describen algunos puntos a favor de la implementación del ABP en espacios educativos (Escribano, 2008):

- Se conforma como una metodología de trabajo activo, donde el o los alumnos participan constantemente en la adquisición de su propio conocimiento.
- Se encuentra orientado a la solución de problemas que son seleccionados o diseñados para lograr el aprendizaje de ciertos objetivos de conocimiento.
- El aprendizaje se centra en el estudiante, mientras que el profesor y los contenidos pasan a un nivel jerárquico paralelo y complementario.
- Como método promueve el trabajo colaborativo en diferentes disciplinas, siempre y cuando sea desarrollado en equipos pequeños menores a veinticinco alumnos.
- Los cursos bajo la perspectiva de este modelo didáctico, se abren a una gama diversa de disciplinas del conocimiento.
- El docente tiene relevancia como un facilitador o guía del aprendizaje.

El uso del ABP se formaliza entonces, en torno a la discusión de un problema y el aprendizaje surge de la experiencia de trabajar sobre ese problema, es un método que estimula el autoaprendizaje, la autonomía y la autorregulación, lo cual, permite la práctica del estudiante al enfrentarlo a situaciones reales e identificar sus deficiencias de conocimiento (Aliaga Tovar, 2002; Eggen, 2014, González-Hernando, 2016).

De acuerdo a Eggen (2014), el ABP como un método pedagógico, busca cubrir los siguientes objetivos:

- Desarrollar integralmente a los estudiantes al conjugar la adquisición de conocimientos propios de un tema de estudio y facilitar las habilidades, actitudes y valores propias del sujeto de forma individual y colectiva.
- Promover en el estudiante la responsabilidad de su propio aprendizaje.
- Desarrollar una base de conocimientos relevante, donde el estudiante sea capaz de profundizar, o cambiar sobre las formas de aprender.
- Desarrollar habilidades encaminadas a la conciencia sobre una evaluación crítica y la adquisición de nuevos conocimientos con la intención de formar parte de sus aprendizajes de vida.
- Desarrollar habilidades para las relaciones interpersonales.
- Involucrar al estudiante ante retos problematizados con iniciativa y entusiasmo.
- Desarrollar un razonamiento eficaz y creativo, de acuerdo a una base de conocimientos integrados y flexibles.
- Monitorear la existencia de objetivos de aprendizaje adecuados al nivel de desarrollo de cada estudiante.
- Facilitar la acción del docente al orientar los conocimientos y habilidades que se detecten como débiles o carentes en el estudiante de una forma pertinente y eficaz hacia la búsqueda de la mejora de este último.
- Estimular el desarrollo del sentido de colaboración con el fin de alcanzar una meta común, y a fin de lograr establecer comunidades cuyas acciones se conviertan en valores que será vertidos finalmente en la sociedad que vive.

La opción de establecer esta estrategia como un medio instruccional, busca favorecer el desarrollo de habilidades del pensamiento, la activación de los procesos cognitivos y la transferencia de metodologías que dan respuesta a la pregunta o problema a resolver, mediante la integración de elementos que

favorecen la creación de ambientes de enseñanza-aprendizaje como se representa en la figura 11 (Dueñas, 2001).

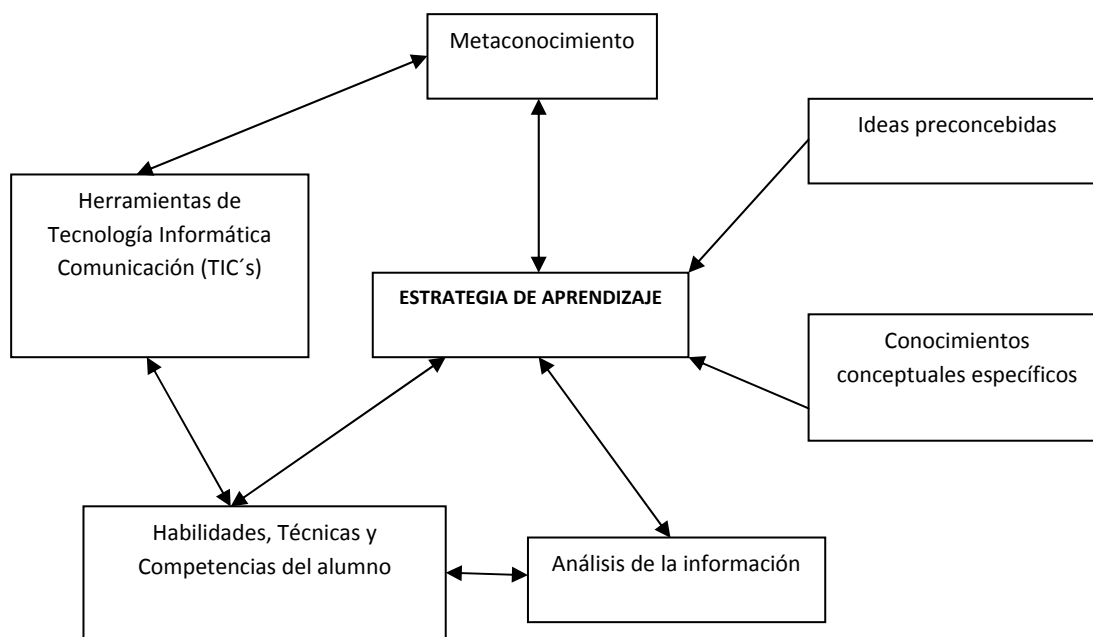


Figura 11. Elementos participantes en el diseño de una estrategia de aprendizaje.
(Porlán *et al.*, 1997)

Los problemas simulados que se utilizan para promover el aprendizaje deben ser progresivamente abiertos, no estructurados y con la finalidad de sensibilizar su interés a la búsqueda continua (González Lomelí, 2009).

El problema es el motor de la indagatoria a formar el nuevo constructo. Dueñas (2001) propone que el resolver el problema no es lo principal, sino que este elemento sea visto como el estímulo para identificar las necesidades de aprendizaje y el desarrollo de habilidades de búsqueda de la información que falta para su análisis y establecimiento de jerarquías del tema en estudio.

Una de las bondades de la estrategia, es que fomenta la búsqueda del conocimiento, mediante una serie de pistas o secuencias guiadas que apoyan una línea y posteriormente dar la apertura de un abanico de alcances conforme

el estudiante, se convierte en un *expertise* del proceso investigativo (Sombrado Fernández, 2002; González-Hernando, 2016).

El gran valor del diseño del ABP, estriba en escoger y plantear un problema relevante y complejo que guarde una proporción con el tiempo de resolución. La motivación que el tema genere en el estudiante, lo llevará a indagar en áreas básicas de conocimiento, para después profundizar sobre conceptos específicos derivados de él, logrando así una enseñanza constructivista (Savery, 1995; Porlán *et al.*, 1997).

2.11. Los problemas detonadores del cambio. *Todos los caminos llegan a Roma.*

Como en el antiguo imperio romano, los avances tecnológicos que los llevaron al dominio se debieron a su visión en las estrategias a usar y en la capacidad de sus sistemas de ingeniería, entre los cuales surge la expresión de uso común, "*Todos los caminos conducen a Roma*", al ser el puente de conexión de 400 vías que comunicaron a la capital mediante la convergencia de rutas con las provincias más alejadas. Mucho se dice que, en ocasiones, estos caminos fueron creados de forma espontánea por las propias tropas de conquista pero que fueron útiles para los fines de expansión.

En la investigación educativa, un problema es aquel cuestionamiento que pretende comprender un fenómeno complejo, al evaluar la situación en la cual se manifiesta. Bellocchio (2016), menciona que las estrategias pueden tener un uso consciente e intencional de los conocimientos en cuanto como se formula una proposición con el fin de realizar alguna de las siguientes operaciones mentales: a) la reconstrucción conceptual, b) el nivel de lenguaje usado, c) la

veracidad de las proposiciones d) el planteamiento de hipótesis²³ y e) la generación de distintas hipótesis con el fin de contrastar.

El sentido del procesamiento para dar solución es el parte aguas en el ABP, que permite entonces la oportunidad de seleccionar y decidir sobre la información recopilada, la resolución del mismo; si es factible de reproducir y finalmente concluir, lo cual además replantea un nuevo medio de presentarse en atención a si le será útil para su vida o para su profesionalización (Pérez Tornero, 2016).

2.12. Características del problema en el ABP

En atención a la importancia del problema, Saiz *et al.*, (2012), manifiesta que, mantener motivado y generar pensamiento crítico en el estudiante ante la resolución al problema a teorizar de una asignatura en cuestión, son básicos para poder delimitar la pregunta detonadora. El reto que encierra y la forma en que se le dará solución en un primer tema de abordaje con lleva un mínimo de conocimientos por parte del aprendiz.

Entonces, el conflicto cognitivo que resulte de la búsqueda a la solución, puede llevar el proceso a un multinivel y, para tal caso, se deben de considerar tres variables durante el diseño (Escribano, 2008).

- La relevancia del tema. A partir de este y su impacto positivo o negativo, deberá de generar la discusión de su integración en los currículo de una asignatura.

- La cobertura dentro de un curso. Lo que significa sobre los alcances para que en tiempo y forma los estudiantes busquen, indaguen, descubran y analicen la información del tema durante un curso regular.

²³ Si bien es conocido que muchas veces se asocia a la hipótesis como el marco de propuestas de naturaleza científica, también se reconoce su validez como suposiciones que se formulan con frecuencia en la vida cotidiana. Bellocchio (2016: pág.77)

-La complejidad. A mayor complejidad, se pueden presentar varias soluciones, lo que implica la formulación de hipótesis a comprobar, rechazar o confirmar. Esta variable, considera además la interdisciplinariedad con la cual, el estudiante debe de asociar la transversalidad en un currículo determinado.

La resolución de problemas implica la búsqueda racional mediante procesos argumentativos, lo cual, puede ofrecer una solución o bien varias soluciones, a través del apoyo con otras estrategias en paralelo que ayuden a confrontar la situación problematizada (Bellocchio, 2016). Lo anterior, implica el manejo de cuatro habilidades básicas en el diseño de la estrategia: 1) definición y formulación del problema, 2) generación de posibles soluciones alternativas, 3) toma de decisiones y 4) aplicación de la solución y comprobación de su utilidad.

Pérez Tornero (2016), propone que la solución a un problema puede tener una secuencia útil pero no necesariamente sigue un proceso lineal. La solución a dicha situación problematizada, puede requerir reversibilidad entre las fases de resolución. El ABP, entonces puede ser visto también como una propuesta metodológica que induzca el entrenamiento de resolución de problemas a un proceso no sólo cognitivo sino también comportamental que prepara al sujeto a responder ante una variedad de alternativas; lo cual implica, asimismo comprender y resolver los conflictos intra e interpersonales que se den durante el proceso (Gómez Esquer, *et al.*, 2009; Gallego, 2013).

2.13. El aprendizaje significativo

El aprendizaje es un conjunto de características biológicas e impuestas de forma madura que pueden hacer que un mismo método de enseñanza sea efectivo para algunos e ineficiente para otros en un grupo académico (Pérez Tornero, 2016).

Un aprendizaje significativo (AS) es el que involucra la adquisición de significados nuevos. Para ello, es importante considerar que aquellos conocimientos que se adquieren se relacionan con los contenidos previos que se encuentran en la estructura cognitiva del sujeto que aprende. La interacción de la nueva adquisición de significados se caracteriza como algo real o con valor psicológico que permite un andamiaje sobre lo que aprende a lo largo de la vida. Dicha organización permite entonces la construcción mental estructurada y con significancia propia que son ancladas a nuevos contenidos, de acuerdo a su evolución cognitiva (Arancibia, 1999; Caballero, 2011).

Acevedo (2000), menciona que la significatividad de cada sujeto está en función de sus elementos idiosincráticos, experiencia personal y estado motivacional, por lo cual; en ciertos grupos, aun cuando el docente proporcione los mismos contenidos a un grupo estudiantil, cada uno de los alumnos elabora sus propios aprendizajes significativos, a partir, de su estructura cognitiva y la importancia que a ellos da en relación a otro compañero. Lo anterior puede relacionarse, desde el entorno de los estilos de aprendizaje en los estudiantes en atención a su habilidad y capacidad de desarrollo psicomotriz en atención a los recursos a los cuales accede desde lo kinestésico, visual o artístico²⁴ (Gallego, 2013; Salas, 2014).

Pozo (2006), propone que una enseñanza basada en la solución de tareas abiertas y significativas, que persigue el propio estudiante, debe de llegar a crear sus metas y objetivos propios; lo cual, va a fomentar la autorregulación de sus actividades permitiéndole ser consciente de evaluar los resultados que

²⁴De acuerdo a Cazau, citado por Pérez Tornero (2016), el estilo de aprendizaje corresponde al hecho de que cada individuo utiliza su propio método o estrategia para aprender, independiente de que la estrategia se ajuste a lo que se desee enseñar, cada sujeto tiende a desarrollar ciertas preferencias o tendencias globales que definen su propio estilo, por ejemplo, si alguien es casi siempre auditivo, será capaz también de en ciertos casos utilizar estrategias visuales.

obtiene, asumiendo la necesidad de perspectivas y resultados diferentes, lo que, el respeto por las ideas y opiniones de los otros.²⁵

Para el logro de un AS, se requieren los siguientes elementos (Acevedo, 2000):

1. Que el estudiante posea una actitud que implique el desear aprender, para lograr un esquema de reforzamiento en el procesamiento de la nueva información al interactuar con la estructura cognitiva del sujeto, que le permita ejecutar el proceso de forma ordenada, organizada y analizada para lograr finalmente el andamiaje.
2. Que el estudiante cuente con conocimientos previos que le permitan enlazar los aprendizajes nuevos y formar sus propios constructos.
3. La importancia de los materiales que de forma lógica, tangible y congruente permitan generar el impacto favorable en el aprendizaje del constructo.

Si la propuesta de un AS puede ser evaluado desde las competencias²⁶ que el estudiante adquiere ante el uso de una estrategia determinada, entonces; los alcances que se logran también pueden ser cuantificados en acción de la factibilidad en los procesos de instrucción pedagógica y académica como función de la educación, al someter no sólo el aprendizaje conceptual, sino también los mecanismos propios puestos en juego por el sujeto, pues el proceso de resolución de problemas y la toma de decisiones resultan agentes relevantes al momento de generar nuevos aprendizajes y potenciar el desarrollo de sus capacidades de gestión (Gallego, 2013; Pérez Tornero, 2016).

²⁵ Enseñar a pensar críticamente implica que se valore más la calidad de las argumentaciones que sostienen los integrantes de un grupo, en cada perspectiva en atención a la conclusión final. [...] La argumentación puede ser considerado racional o correcto si atiende a tres razones: 1) no se contradice a sí mismo; 2) se basa en hechos relevantes y 3) puede ser modificado por esos hechos. *Idem*, 414.

²⁶ Una competencia es un aprendizaje complejo que integra conocimientos (saberes), habilidades (saber hacer) y actitudes (saber ser), que permiten al estudiante considerar el proceso como integrador e interno, que se manifiesta también como un comportamiento asociado a la motivación de lo que hace y como lo desempeña

2.14. Los estilos de aprendizaje

Los estilos de aprendizaje (EA) suelen ser definidos como los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores relativamente estables de cómo los estudiantes perciben interacciones y responden en determinado ambiente de enseñanza (Salas, 2014). La capacidad cognitiva tiene que ver con la forma en que se estructuran los contenidos, forman y utilizan los conceptos, generan e interpretan la información a su alcance y resuelven el problema (Benlloch, 1997). La situación directa sobre el comportamiento del sujeto como ente activo, permite que desde sus rasgos afectivos vincule de forma eficiente lo que le motiva y las expectativas sobre lo que aprende (Gallego, 2013).

La construcción de un esquema por el sujeto, sobre lo que asimila en un momento determinado implica forzosamente un cambio de su conducta ante circunstancias similares que lo llevan a resolver un dominio. El enfrentarse a una situación nueva, para la que su esquema no es suficientemente eficaz ni válido, reclama por parte de la actividad cognitiva un mecanismo que le permita asimilarla. La construcción de un modelo mental que actúe como intermediario, le permite hacer frente a esa “nueva” realidad. El dominio progresivo de la misma podrá entonces, llevarlo a una paulatina estabilización de la primera representación lo que conduce a una transformación en el esquema de asimilación (Moreira y Greca, 2003).

La investigación educativa permite como campo de acción, indagar si los estudiantes se caracterizan por sus propias definiciones de estilos de aprendizaje, en cuanto a lo que les motiva y con ello, los resultados en mayor medida se dan en el proceso de aprendizaje, al aplicar mayor esfuerzo y mejor adecuación sobre la estrategia empleada en un momento dado (González Lomelí, 2010).

Un mejor rendimiento académico y de satisfacción, puede vincularse a la motivación sobre lo que hace al involucrarse en la tarea asignada, sin olvidar que finalmente el estudiante como sujeto activo, debe ser el gestor de sus acciones y esto se relaciona directamente con su aprendizaje como ya se había mencionado anteriormente (Gallego, 2013).

2.15. Evaluación del aprendizaje en el ABP

La evaluación tiene un papel distinto en cada tipo de aprendizaje. Cuando se evalúan sólo conceptos pueden ser estos asociados a hechos de naturaleza memorística general que permite o no una retroalimentación de la información para lograr en otro momento del proceso de aprendizaje un constructo que le sea útil al estudiante (Buendía, 1999; Pozo, 2006). El alumno, vincula al interiorizar activamente, lo que aprende. Muchas de esas situaciones se convierten para él, en su experiencia previa y concreta que posteriormente podrá asociar como algo conocido y lo convierte a algo abstracto para favorecer al cambio en el proceso mental (Benlloch, 1997). Es entonces, que lo conocido y aprendido, toma lugar en forma de nuevas ideas y experiencias, que se conectan para dar sentido y significancia a los constructos que crea para su fin utilitario.

Los instrumentos de evaluación pueden ser considerados un referente de lo que aprende y porque lo aprende, en un sentido objetivo de referencia (no necesariamente como diagnóstico), durante el proceso de formación continua, por lo que, no es necesario tomar como el único elemento cualificador de los aprendizajes en el proceso de enseñanza al considerar a los estudiantes como sujetos con necesidades y valores propios del entorno en que se forman como individuos psico-sociales-biológicos (Villa, 2011).

La pertinencia de lo que se evalúa, también debe ser parte del trabajo docente, al considerar los aspectos técnicos de los instrumentos que se aplican, los

resultados que cualifican el rendimiento ideal y el real²⁷, los tiempos y momentos en que se realiza la evaluación y con igual peso las autoevaluaciones de los estudiantes como parte del compromiso y honestidad sobre sus actos (González Lomelí, 2010).

En el caso del ABP, no sólo es evaluar los aprendizajes cognitivos, sino es también revalorar, los conocimientos y habilidades relacionadas al pensamiento crítico y reflexivo, a los procedimientos y las actitudes socio-afectivas, que lleva a cabo el cognoscente durante todo el tiempo que se invierte en un proceso de enseñanza-aprendizaje. Por tal motivo, se promueven las evaluaciones desde un enfoque constructivista, entre el trabajo docente y discente, donde el primero funge como guía o facilitador en el proceso al moderar los niveles de entendimiento, intercambio de ideas y valoración de los constructos que asume el alumno (Ríos Muñoz, 2007; Saiz, 2012).

Bajo el esquema epistemológico del ABP, entonces; las evaluaciones son más mediadas por el estudiante como gestor de su autonomía, por lo cual los instrumentos sugeridos recurren a la autoevaluación, coevaluación o evaluación por pares y como complemento la heteroevaluación, lo que puede favorecer a una mejor comprensión sobre el rol y compromiso, no sólo con pruebas de reactivos, sino listas de cotejo y rúbricas diseñadas *ex profeso*. (Ríos Muñoz, 2007; De Vincenzi, 2008; Echeverría, 2009).

En relación a las ventajas de una evaluación con distintos instrumentos, se presenta la tabla 3 de los estudiantes y docentes en el trabajo con ABP (Zarzur, 2002).

²⁷ Es importante considerar que las evaluaciones deben de tomar en cuenta el análisis que se hace de una situación problematizada, como la interpreta, la infiere, busca la solución y la sintetiza, tanto en lo individual, por equipo y grupal. Asimismo, las actitudes como trabajo colaborativo, responsabilidad, compañerismo y respeto por las ideas de otros.

TABLA 3. Ventajas de la evaluación diversificada en el ABP

Estudiante Docente	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Tiene una estimación de su propio progreso, durante el proceso y al término mediante la retroalimentación continua. ❖ Conoce sus puntos débiles, y cómo hacer para mejorar o superar. ❖ Recibe un estímulo permanente a su trabajo y refuerza su autonomía. ❖ Genera una actitud de autoevaluación y coevaluación que permite favorecer sus aprendizajes en forma permanente. ❖ Toma conciencia acerca de la importancia de lo que aporta, sus intereses personales y compromiso en sus constructos. ❖ Favorece una actitud permanente de cooperación con sus compañeros, de forma de aprender de manera conjunta. ❖ Aprende a identificar los factores internos y externos que actúan como facilitadores de sus aprendizajes. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Le permite conocer que los objetivos fueron cumplidos a través del proceso pedagógico proyectado. ❖ Reflexiona acerca de las causas que pudieron haber motivado deficiencias en el logro de las metas propuestas. ❖ Adopta decisiones que permiten mejorar los logros parciales sobre los objetivos propuestos. ❖ Aprende de la experiencia y readecua en atención a los contextos áulicos o estilos de aprendizaje de los estudiantes. ❖ Obtiene evidencias que le permiten decidir qué aspectos de los métodos utilizados, el programa, los materiales o cualquier otra variable, deben ser mejorados o le permiten continuar de acuerdo a los logros obtenidos. ❖ Genera un banco de información que permite ser compartido con otros docentes, para validar la eficacia de lo que se aprende en los grupos. ❖ Fomenta la actitud de autoevaluación y coevaluación permanente entre los alumnos para mejorar la práctica pedagógica.

Tomado y ajustado de Eggen (2014) y Escribano (2009)

CAPITULO III

3.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué efecto pedagógico tendrá la estrategia denominada aprendizaje basado en problemas (ABP) para explicar el tema de radicales libres (RL) en estudiantes de nivel medio superior?

3.2. OBJETIVO GENERAL

Implementar y evaluar como estrategia didáctica, el ABP para el conocimiento del tema de radicales libres (RL) en el bachillerato.

3.2.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- Implementar el tema de RL en la asignatura de biología I para el Colegio de Ciencias y Humanidades.
- Evaluar la estrategia ABP como herramienta de enseñanza-aprendizaje para el tema de RL en el bachillerato mexicano.
- Diseñar un protocolo experimental para el uso de equipos y herramientas experimentales.

3.3. HIPÓTESIS

El uso de la estrategia ABP aporta mejores aprendizajes y resulta motivador a los estudiantes del bachillerato para el tema de radicales libres, en relación con el envejecimiento celular.

3.5. JUSTIFICACIÓN

El tema de “radicales libres” (RL), es un concepto que actualmente se maneja en muchas disciplinas y que, incluso, suele ser enunciado entre la población joven y adulta como efecto del proceso de envejecimiento, pero ¿qué tanto se sabe lo que son los RL si no es abordado como un tema específico en los cursos de biología en los bachilleratos mexicanos?

Hablar de RL es más frecuente a nivel superior cuando el alumno trata de empatar la información, de áreas químico-biológicas y de investigación; no obstante, los procesos que se involucran están relacionados con la evolución de los seres vivos y principalmente la capacidad de captar, en principio, el oxígeno como reactivo que participa activamente en la respiración aerobia.

Las habilidades que debe presentar todo estudiante desde el nivel básico hasta el bachillerato, impone, la búsqueda de estrategias que sean complementarias y motivadoras, que además permitan al sujeto generar sus propios constructos, los cuales sirvan como referente para el análisis de tipo crítico en la estructuración de conocimientos formales. El uso de la estrategia de “Aprendizaje Basado en Problemas” (ABP) ha demostrado, en la práctica que bien ejecutado, logra motivar a los alumnos; se generan aprendizajes significativos, el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y creativo, integra el conocimiento y es aplicable a otros conceptos; tanto individual, como colectivamente en cuanto a su forma de estudio y ejecución.

Por tal motivo, se propone el tema de “radicales libres” en el bachillerato, para incursionar de manera pedagógica en la bioquímica del metabolismo celular. Con ello se busca promover, en los estudiantes, el interés de identificar ¿qué es un radical libre?, y motivarlos a indagar más en ciencia y tecnología, sobre un tema que puede resultar interesante, no sólo como concepto, sino más allá de lo esperado, al integrar aspectos de biología celular, molecular y bioquímica; donde el constructivismo replante análisis en aspectos sobre radiaciones, contaminación y cuidado a la salud.

CAPITULO IV

MÉTODO

4.1. Población

Estudiantes de bachillerato con edades entre los 15 a 17 años, de ambos géneros, sanos que asisten regularmente a clases presenciales en el Colegio de Ciencias y Humanidades del plantel Azcapotzalco y matriculados en el ciclo 2018-1 turno matutino.

4.1.1. Muestra

El tamaño de muestra está representado por una $n= 24$ alumnos por grupo establecido en los cursos académicos regulares.

Se contó con dos grupos que cursaban la asignatura de Biología I, a cargo de la profesora Biol. María Eugenia Colmenares López en el horario de 7:00 a 9:00 am, con una carga horaria de 5 horas/semana.

- I. Grupo 321A, con horario de lunes y miércoles de 7:00 a 9:00 y viernes de 7:00 a 8:00.
- II. Grupo 324B con horario de martes y jueves de 7:00 a 9:00 y viernes de 8:00 a 9:00.

La composición por género se muestra en la tabla 4.

TABLA 4. Composición por género de la muestra de estudio para el tema RL

GRUPO	HOMBRE	MUJERES	TOTAL
321A	10	14	24
324B	12	12	24

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión (cuadro A) para el trabajo estadístico, y de esa forma mantener, un mínimo de margen de error entre la asistencia y los equipos que se formaron para el trabajo con ABP y sin ABP.

CUADRO A. Criterios de participación en los grupos de intervención pedagógica

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Estudiantes de bachillerato matriculados en el ciclo 2018-1 en la asignatura de biología I turno matutino.
- Estudiantes que asisten regularmente a las clases programadas.
- Que asistieron a las tres sesiones programadas en la semana del 23 al 27 de octubre de 2017 en horario de 7 a 9 am.
- Hacen uso de aulas con equipo de cómputo.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Estudiantes que ingresen después de las 7:20 am.
- Estudiantes que tuvieron dos inasistencias en la semana de intervención.

4.1.2. Estadística

Para validar el diseño experimental se tomó en cuenta que las muestras con poblaciones pequeñas es necesario considerar la normalidad presente entre los grupos para la forma de tratamiento y análisis de los resultados.

Los valores cuantitativos sobre los resultados exploratorios de las pruebas de pre-test y post-test permiten el tratamiento mediante una prueba de *t* de student en caso de ser paramétrica y sino el equivalente para pruebas no paramétricas se recurre a la U Mann-Whitney-Wilcoxon, ambas con una significancia $p < 0.05$, mediante análisis del programa Excel MS v. 10 y StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0 (www.statsoft.com).

La propuesta de intervención pedagógica, asimismo espera evidenciar no sólo de forma cuantitativa la implementación de un tema, que no se aborda en los bachilleratos mexicanos; sino que, adicionalmente, de forma cualitativa el efecto emocional sobre un cambio conceptual en la forma de abordar el tema en cuanto a procesos relacionados con la salud al considerar las aportaciones por medio de un ensayo en donde la creatividad y su habilidad narrativa, permitan intercambiar otra forma de entender sus constructos individuales como sujetos activos en su momento socio-histórico.

4.2. Diseño experimental

La asignación de la estrategia para cada grupo se llevó de forma aleatoria mediante un sorteo con papeletas escritas con las frases: *con ABP (X_i)* o *sin ABP (X_c)*.

El diseño experimental fue de tipo exploratorio, descriptivo y transversal de acuerdo a Hernández Sampieri (2010), debido a que se quiere evaluar el impacto de un tema y la respuesta sobre el avance en particular del aprendizaje con el ABP.

La intervención educativa se aplicó en tres momentos en ambos grupos; pre-test, estrategia pedagógica y post-test (tabla 5).

TABLA 5. Diseño experimental de la intervención pedagógica

RG	Pre-test	ABP	Post-test	Ensayo
321A Sin intervención (X _c)	O ₁	---	O ₂	EM
324B Estrategia didáctica (X _i)	O ₃	X	O ₄	EM
Simbología R=Asignación aleatoria. G= grupo sujeto X= Implementación del ABP O= Medición de los sujetos mediante cuestionario de preguntas abiertas y cuestionario de opción múltiple. O ₁ Prueba pre-test O ₂ Prueba post-test -Ausencia de ABP EM= Evidencias Motivacionales. Actividad ensayo.				

4.3. Materiales e instrumentos

Para la recolección de los datos sobre el conocimiento del tema RL, las competencias genéricas desarrolladas, uso del ABP y motivación se diseñaron cinco instrumentos que se presentan como anexos al final del presente trabajo de tesis; de acuerdo a las propuestas de Echevarría (2009).

Los instrumentos cuantitativos corresponden a las evaluaciones objetivas por reactivo, que permiten ser calificadas por tener sólo una respuesta. En atención a ello, Quesada (2008), menciona que los más utilizados se clasifican en reactivo de opción múltiple, reactivo de falso y verdadero, jerarquización, correspondencia y complementación.

El formato para evaluar la evolución de la asimilación del concepto, se optó por un banco de 10 reactivos del tema por complementación. Lo anterior, facilita el proceso al tomar en cuenta que su diseño establece claramente los criterios a cumplir para su formulación.

En el cuadro B se presentan los criterios para elaborar instrumentos por complementación (Quesada, 2008).

CUADRO B. CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE REACTIVOS DE COMPLEMENTACIÓN (Quesada Castillo, 2008)

- Uso de lenguaje comprensible y claro para el alumno
 - Omisión de preguntas capciosas
 - Unidireccional
 - Redacción en forma afirmativa evitando el uso de negaciones
 - Presentación de información necesaria pero no superflua.
 - Evalúa los conocimientos esenciales
 - Pregunta los conceptos solo una vez
 - Se estructura un enunciado incompleto con máximo de dos espacios a llenar para estructurar la información correcta
- Quesada Castillo R, (2008). *Guía para evaluar el aprendizaje teórico y práctico.*

Para evaluar las competencias genéricas individuales desarrolladas por los estudiantes con el uso del ABP versus sin ABP, se diseñó una lista de cotejo

de 20 ítems, codifica con escala de Likert para cinco puntos de cumplimiento, siendo 5 casi siempre y 1 casi nunca (Anexo E). Por el desarrollo de los enunciados se relacionaron con las acciones declarativas, procedimentales y actitudinales esperadas en los procesos de aprendizaje en el estudiante. Mientras que la clasificación de competencias a identificar de acuerdo a los atributos se agruparon en organización y planificación (4 ítems), trabajo colaborativo (4 ítems), comunicación oral y escrita (4 ítems), habilidades interpersonales (3 ítems) y valores (5 ítems). La codificación interna para evaluar los aspectos declarativos se agruparon en los ítem12, ítem13, ítem14, ítem18 e ítem19; los aspectos procedimentales en los ítem1, ítem2, ítem3, ítem4, ítem6, ítem7 e ítem1; finalmente para los aspectos actitudinales se agruparon en los ítem5, ítem8, ítem9, ítem10, ítem11, ítem16, ítem17 e ítem20.

Para determinar el impacto de la implementación del ABP en el tema de RL, se diseñó una lista de cotejo compuesta por 20 ítems que se valoraron en escala de Cornell en cinco aspectos, que iban del: totalmente de acuerdo hasta totalmente en desacuerdo (Anexo K). De los ítems propuestos como ítem1, ítem2, ítem3, ítem4, ítem5, ítem6, ítem7, ítem8 e ítem9 sirvieron para evaluar el estado motivacional del trabajo con el ABP. Los ítem10, ítem11 e ítem12 para ver la pertinencia del tema de RL y los ítem13, ítem14, ítem15, ítem16, ítem17, ítem18, ítem19 e ítem20 para la función del trabajo del docente como facilitador.

La confiabilidad y validez de los cuestionarios se encuentra dada por el valor del alfa de Cronbach. Se considera que, valores de 0.7 corresponden a satisfactorios para el diseño y mayores de 0.9 como excelentes.²⁸

En cuanto a los aspectos subjetivos relacionados con la creatividad se solicitó un ensayo de libre redacción para evidenciar el grado de compromiso,

²⁸ La validez de un instrumento se refiere al grado en que el instrumento mide aquello que pretende medir. La confiabilidad evaluada por el *alfa de Cronbach* asume que los ítems miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados. Cuanto más cerca se encuentra el valor de alfa a 1, mayor es la consistencia interna de los ítems analizados.

imaginación y asociación al tema en función del grado motivacional presentado al concluir la intervención (Anexo I).

Después de la asignación de los grupos de intervención en *Xi* y *Xc*, se aplicó a ambos casos el cuestionario de estilos de aprendizaje de Alonso-Honey (CHAEA) (Salas, 2014), para identificar los estilos de aprendizaje que se presentan y si pueden o no influir en la preferencia de un tipo de estrategia.

En relación a la distribución de la carga horaria, se implementó una práctica de laboratorio denominada “*Una experiencia vitalizante*”, para evaluar el poder antioxidante de vitamina C y compuestos naturales.

Finalmente, para el trabajo experimental se diseñó una rúbrica de evaluación con cuatro ponderaciones para considerar la validez y calidad del reporte de práctica como producto final solicitado (Anexo J).

4.4. Escenario y tiempo de intervención

Ambos grupos asistieron a clases presenciales en el edificio H ubicado en el ala oriente del plantel. El grupo 321A en el salón H11, y el grupo 324B en el H12.

Los salones funcionan además, como laboratorio por el diseño de mobiliario y distribución, cuentan con seis mesas de trabajo, un proyector y estaciones de cómputo con monitor, mouse y teclado; acceso a internet y paquetería de aplicaciones para el trabajo durante las clases, como hoja de cálculo, presentaciones y procesador de textos.

El avance y forma de trabajo en cada equipo puede ser monitoreado por el docente, a través de una intranet, que permite evaluar la participación de los estudiantes en tiempo real.

La intervención educativa con el tema de RL, se llevó a cabo en dos momentos por el diseño de la estrategia del ABP que requiere 9 horas mínimo de trabajo colaborativo.

La primera aplicación se realizó, durante la semana del lunes 23 al viernes 27 de octubre de 2017 tanto para el grupo *sin ABP (Xc)* y como all grupo *con ABP (Xi)*.

La segunda intervención, sólo se aplicó en el grupo *Xi* el viernes 17 de noviembre de 2017 para el cierre del tema y la evaluación sobre la evolución en la asimilación de constructos.

4.5. Diseñando la estrategia: ¿Me estoy oxidando y no me doy cuenta?

Tomando en cuenta que el tema de RL es nuevo en los cursos de biología y para ver la pertinencia del diseño, se plantean dos escenarios para la adecuación en los contenidos de las asignaturas de Biología I y II en el bachillerato; o bien, para ser incluido en otra asignatura de forma transversal.

Por lo que se evaluo el impacto del tema y su aplicación, tomando en cuenta que muchas veces, los primeros cursos se establecen bajo la instrucción con clases expositivas, y por tal motivo, se implementará el tema mediante dos estrategias:

- I. Clase tradicional o expositiva con una distribución de 5 horas/semana, incluida la elaboración de una actividad experimental. Este diseño también funcionará como grupo control (Sin ABP).²⁹
- II. Clase estrategia ABP, con una distribución de 9 horas carga horaria, en atención a la pertinencia de inclusión a un currículo de un tema particular, de acuerdo a Echevarría (2009); distribuida en el tema de investigación bajo la pregunta detonadora “Me estoy oxidando y no

²⁹ Carrasco Guirao en Echevarría (2009); menciona que la instrucción tradicional manejada como una clase magistral, implica el correcto establecimiento de los objetivos y la planificación de una forma organizada de los contenidos en temas convenientemente estructurados y con una secuencia temporal del aprendizaje suele ser positiva; sin embargo, en el estudiante se convierte en una enseñanza unidireccional a largo plazo que puede no promover nuevas competencias ni la aplicación de métodos complementarios. *Idem* pág. 21

me doy cuenta”. Este diseño será evaluado como la intervención pedagógica (Con ABP).

La presente metodología del ABP fue diseñada bajo el esquema de la técnica de los siete pasos de la escuela de Maastricht, de acuerdo a García Martínez (2011) y ajustada por Mendoza-Espinoza (2012), que implica dos sesiones de aula (trabajo por equipos) y una sesión de trabajo individual que en éste contexto será denominado extraclase.

Paso 1. Planteamiento de la situación problematizada. Motivar un escenario o caso problema.

Para el caso particular de la investigación de RL se entrega por equipo una manzana que ha sido expuesta por un minuto a las radiaciones de un horno de microondas. Conforme los alumnos revisan la fruta, se les agregan envases de cremas o folletos que indican antiarrugas, así como sobres de té que indican acción antioxidante. Se deberá de tener en cuenta que de ser necesario se tendrá que definir clara y precisa el problema en cuanto a conceptos que puedan generar confusión, por ejemplo “estrés” para llevar al contexto metabólico.

Paso 2. Definición del problema, a partir de contenidos de un curso eje.

Partiendo de los cursos de Biología I, respiración aerobia o de Biología II metabolismo, se pueden aplicar las preguntas detonadoras ¿Me estoy oxidando y no me doy cuenta? ¿Sólo los vegetales se oxidan? ¿Qué puede motivar ese cambio en la coloración o aspecto final?

Paso 3. Muro del conocimiento o lluvia de ideas.

De los elementos presentes, se solicita dar respuesta a las preguntas del paso 2 y se procede a generar un muro del conocimiento, para comparar las ideas de cada equipo al presentar mediante hojas de rotafolio o pos-tips pegados a una pared seleccionada como muro del conocimiento.

Paso 4 . Clasificación de las respuestas a la primera pregunta ¿me estoy oxidando y no me doy cuenta?

Jerarquizar los conceptos ¿Qué sé? ¿Qué conozco? ¿Qué desconozco?

Los estudiantes deberán priorizar sus conocimientos previos y que recursos les hacen falta de forma individual para poner en consenso en cada equipo.

Paso 5. Investigación por equipos e individual, mediante recursos de internet, libros, artículos o videos.

Inicio en la sesión de clase y se continúa extraclase mediante el uso de grupos de trabajo por Facebook, o archivos compartidos en la nube en google drive.

Paso 6 . Reporte de hallazgos mediante una presentación con un mínimo 8 diapositivas y máximo 12 en power point.

Presentación y discusión ante el grupo. Avances y continuación en la información validación de las aportaciones, solución al tema. Presentación del objetivo del tema.

Paso 7 Lecturas complementarias y/o videos

CABISCOL, E. Oxidación celular y envejecimiento. Radicales libres: Dr. Jekyll y Mister Hyde. (2014). *Rev. De Divulgación científica*. Recuperado DOI: http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_RPC.2014

Análisis de una caricatura que representa a dos jóvenes adolescentes, dónde se cuestiona ¿si hay diferencias en ellos? ¿A qué se deben? ¿Cómo resolver si están sanos o enfermos? (figura 12)

Revisión de los procesos de envejecimiento celular y su relación con los RL. Discusión y análisis grupal. Avances y continuación en la información a clarificar. Cierre.



Figura 12. Imagen de jóvenes adolescentes en relación a la historia de Robert Louis Stevenson (1857). *El extraño caso del Dr. Jekyll y Mr. Hyde*. [Imagen tomada con fines ilustrativos y didácticos de http://pm1.narvii.com/6083/bcaf5aeccd709eccbe848d264e2c3fe23a761ec8_00.jpg]

Para validar lo conocimientos adquiridos con el trabajo del ABP, el manejo de información, la elaboración de hipótesis, las habilidades procedimentales y actitudinales se realizó la Práctica “Una experiencia vitalizante” (Anexo B), cuyo objetivo fue evaluar la actividad antioxidante de compuestos naturales y vitaminas, como complemento del proceso de enseñanza-aprendizaje de acuerdo a Porlán (1997) y partiendo del ciclo de constructos que se requieren en las ciencias naturales (figura 13).

El diseño de protocolos experimentales, es importante dentro del esquema integral a desarrollar de una estrategia y más si contribuye en la acomodación cognitiva de los conceptos desde el enfoque constructivista. Adicionalmente, las experiencias de laboratorio, implican el manejo de material y equipo especializado, promueve las habilidades procedimentales y conceptuales que se requieren en el contexto de un bachiller.

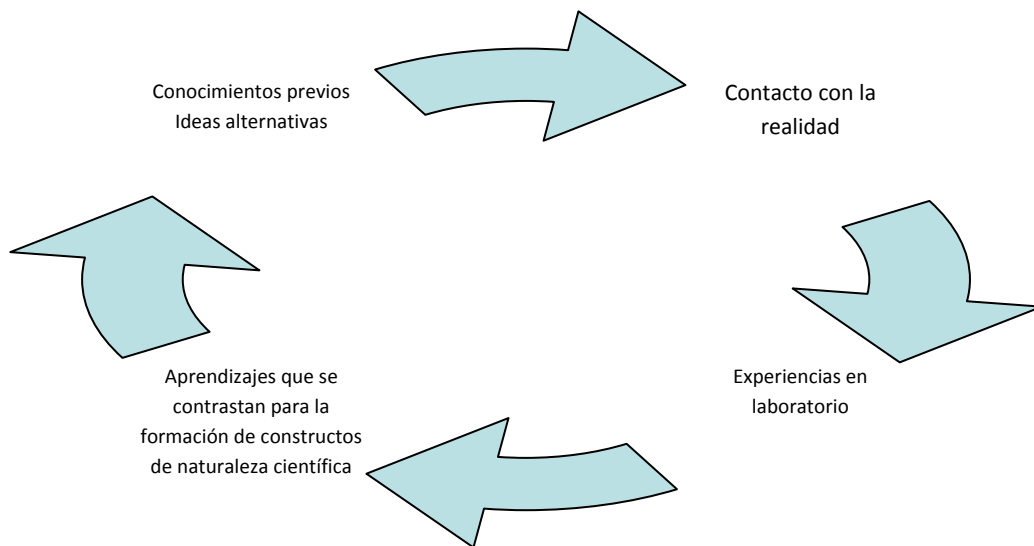


Figura 13. Proceso de enseñanza-aprendizaje en las ciencias. (Porlán, 1997)

López Rúa (2012), considera que las prácticas de laboratorio tienen la función no sólo de reproducir una técnica, sino sirven como el medio de investigación que conduce a la construcción de nuevos conocimientos ante la resolución de un problema, cuando los estudiantes se ven expuestos a establecer sus propias habilidades, técnicas y estrategias en la resolución, evaluando su hipótesis y en caso de ser necesario reformular la hipótesis, como parte de la metodología científica y comprender así los procesos y la naturaleza de la ciencias y no caer en supuestos “cientificistas” esperando siempre respuestas correctas.

Lo anterior, busca integrar finalmente conocimientos relacionados al tema de RL y respiración aerobia, al enfrentar a una situación real de la oxidación en frutas, verduras o de otro tipo de organismos vivos a los alumnos.

4.5.1. Procedimiento

Asignados los grupos, control (X_c) e intervención ABP (X_i), se informó a cada uno como se impartiría el tema de RL a partir de su primer sesión (lunes 23 y martes 24 de octubre de 2017), y se solicitó respondieran el pre-test (Anexo G), anotando sólo lo que supieran.

Al grupo control (Xc) se le impartieron dos sesiones de clase con enfoque tradicional mediante la presentación del tema RL diseñado en 36 diapositivas y una sesión de práctica experimental titulada “*Una experiencia vitalizante*” (Anexo B) para evidenciar la capacidad antioxidante de algunas fuentes de vitamina C.

Después de concluidas las dos sesiones teóricas se solicitó, que por equipos, elaboraran un mapa conceptual en power point como producto final, para evidenciar las habilidades en cómputo, el manejo de información y el trabajo colaborativo. El mapa conceptual fue presentado por cada equipo y se solicitó la coevaluación entre equipos pareados (1-6); (2-4) y (3,5); con retroalimentaciones de tipo positivo, de forma oral, para mejorar el trabajo o compartir más información y enriquecer sus propuestas.

Para evaluar los aprendizajes adquiridos del tema RL, se aplicó el post-test, quince minutos antes de concluir la última sesión el viernes 27 de octubre.

Durante la práctica, “una experiencia vitalizante”, faltando 10 minutos para terminar la sesión, se solicitó a los estudiantes responder de forma individual un cuestionario de completamiento, a fin de conocer los aprendizajes logrados en el tema RL que se dieron de forma expositiva (Anexo H).

Al grupo con intervención del ABP (Xi), se estableció la estrategia a partir de la pregunta detonadora: “*Me estoy oxidando y no me doy cuenta*”. Los estudiantes del grupo, trabajaron en equipos de tres a cuatro integrantes, que tenían que resolver la incógnita y compartir una respuesta a la pregunta como punto de partida, y posteriormente establecer una hipótesis que buscarían resolver, a través de la investigación, en fuentes internet y libros de texto.

Los elementos presentados, se dan como un primer apoyo para iniciar la investigación del tema e indagar ¿Qué sé?, ¿Qué conozco? y ¿Qué desconozco? se compartieron a partir de un muro de conocimiento, como lluvia de ideas lo que interpretaron al problema presentado.

Los estudiantes trabajaron la investigación durante dos sesiones presenciales y una puesta en común extraclase para presentar su avance en una presentación en power point con una extensión de mínimo 8 y máximo 12 diapositivas sobre la pregunta detonadora ¿me estoy oxidando y no me doy cuenta?

En la siguiente sesión presencial, se continuó con el trabajo para identificar que son los RL y su efecto en la salud, partiendo de un cuestionamiento sobre la historia de una imagen de dos jóvenes Jekyll y Hyde, en la cual se les preguntó si ¿Los personajes son cómo ustedes o distintos?, ¿Es posible juzgar si están bien o mal? , ¿Es posible evidenciar alguna enfermedad? Posteriormente, se les relacionó con la novela de Robert Louis Stevenson (1886), *“El extraño caso del Dr. Jekyll y el señor Hyde”* para vincular la ciencia y la literatura y se promovió la discusión grupal en clase durante un tiempo aproximado de 15 minutos del artículo *“Oxidación celular y envejecimiento. Radicales libres: Dr. Jekyll y Mister Hyde”* (Cabiscol, 2014), para completar el tema en casa de forma individual. Del proceso se obtuvo como producto literario un ensayo o cuento que se relacionó con los radicales libres y el envejecimiento celular.

Al grupo en intervención con ABP, se aplicó el post-test, al término de la primera semana (viernes 27 de octubre) para comparar los conceptos y competencias adquiridas versus el grupo control.

La diferencia en el grupo con ABP, es que se utilizó una segunda semana para por el diseño de la estrategia. Para revisar el avance de los contenidos del tema RL, el cuestionario por complementación (Anexo H), se resolvió en dos ocasiones (el viernes 27 de octubre y el viernes 17 de noviembre de 2017), observando cambios a favor de la asimilación del aprendizaje del tema, pero sin ser significativos estadísticamente.

De igual forma se realizó la práctica de laboratorio “Una experiencia vitalizante” y se solicitó el reporte escrito, de acuerdo a la rúbrica incluida previamente en el protocolo experimental para la evaluación procedimental (Anexo J), la

actividad colaborativa y el informe final se evaluó con una ponderación de 10 puntos.

En ambos grupos se solicitó la elaboración de un ensayo sobre el tema para evaluar el grado de creatividad de un recurso literario.

CAPITULO V

RESULTADOS

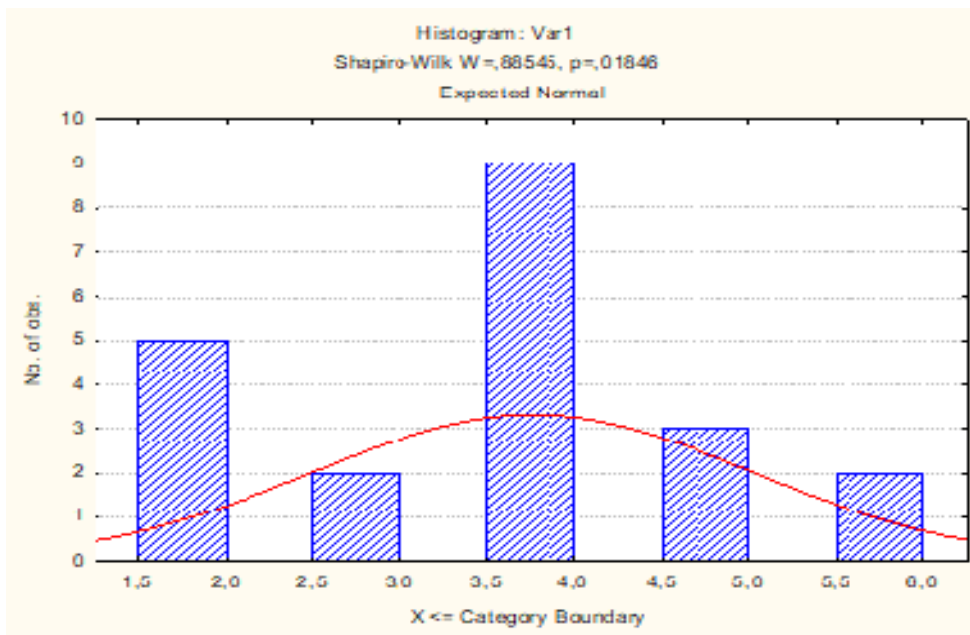
5.1. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

Para el análisis estadístico se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para muestras pequeñas y los datos fueron alimentados en el programa StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. (www.statsoft.com) bajo las siguientes hipótesis:

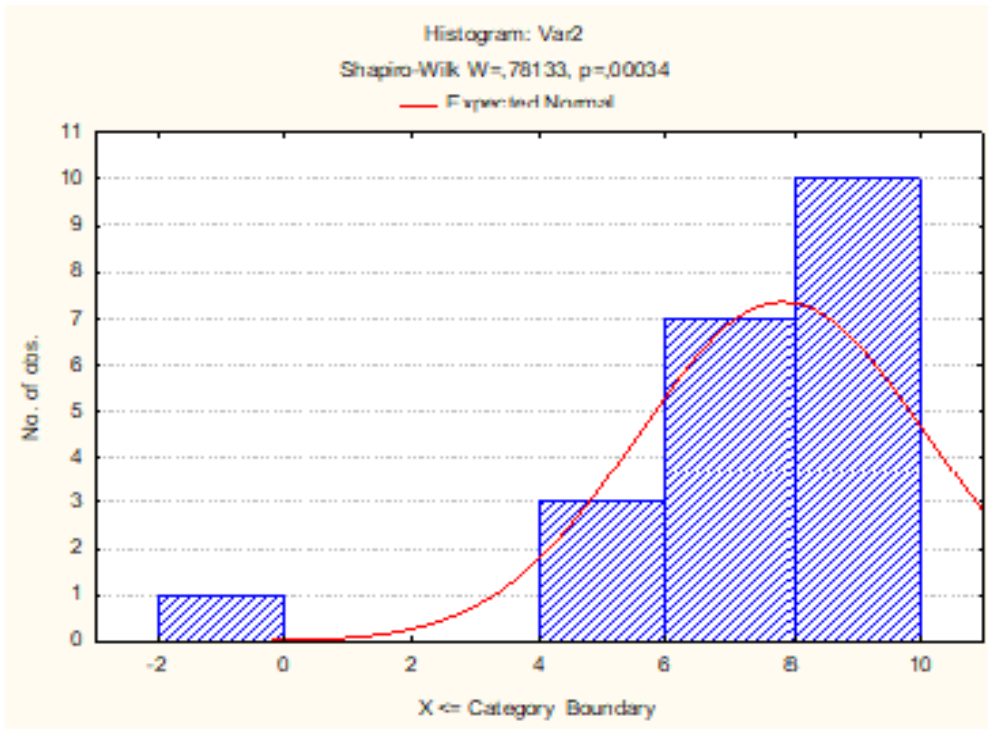
Ho: $p \geq 0.05$ hay normalidad.

Ha: $p < 0.05$ no hay normalidad.

Bajo este supuesto, se comprueba que el grupo control (X_c) presento $p < 0.05$ tanto en el pre-test como en el post-test como se observa en las gráficas 1 y 2.



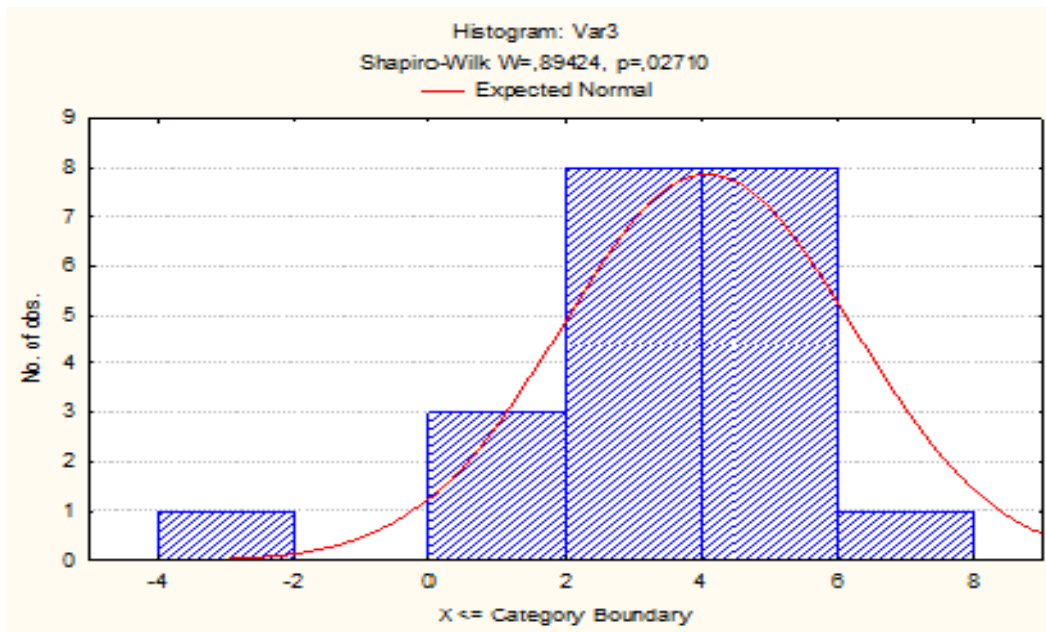
Gráfica 1. Histograma grupo control pre-test.



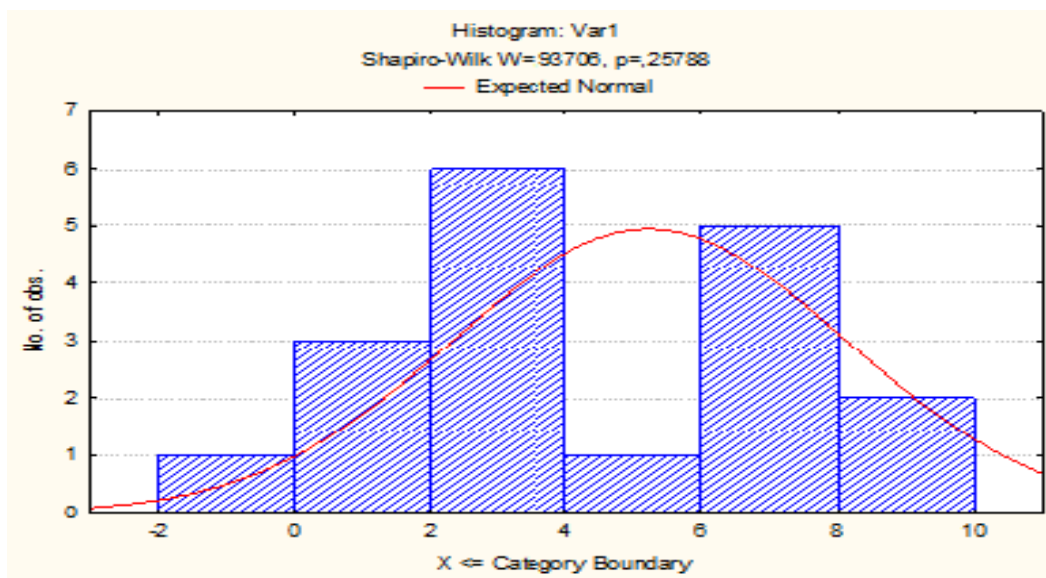
Gráfica 2. Histograma grupo control post-test.

Al comparar ambas gráficas, se demuestra que no hay normalidad en el grupo sin intervención pues los valores para el pre-test es de $p=0.018$ y en el post-test $p= 0.003$.

De igual forma los datos se alimentaron para el grupo en intervención con ABP, obteniendo las gráficas 3 y 4 para las pruebas de pre-test y post-test respectivamente.



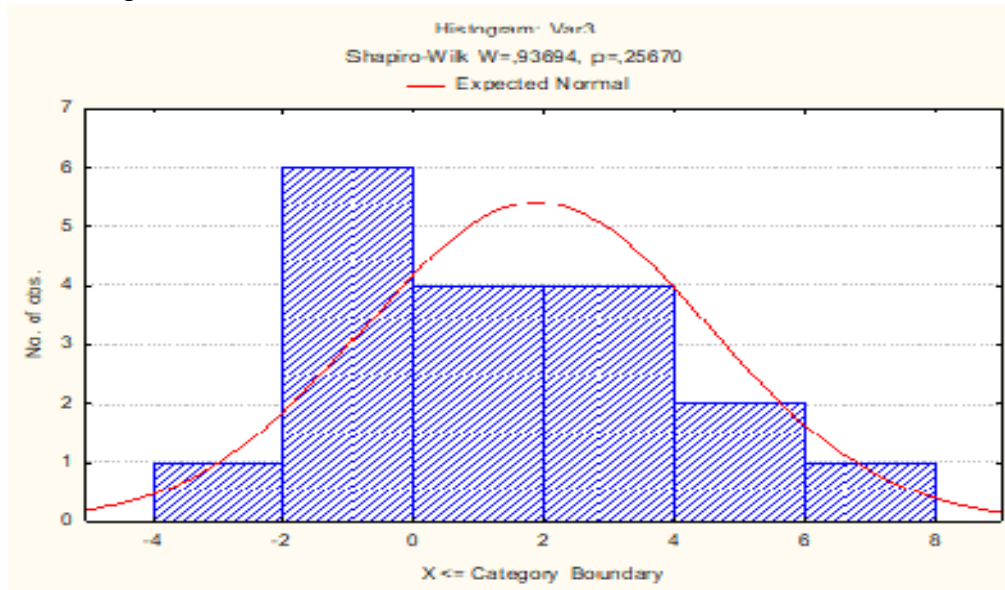
Gráfica 3. Histograma del grupo con intervención ABP en el pre-test



Gráfica 4. Histograma del grupo con intervención ABP en el post-test

Como se aprecia para el grupo con ABP, después del post-test hay normalidad en la muestra $p= 0.257$.

Finalmente, al comparar ambos grupos para la elección del tipo de análisis se obtiene la gráfica 5.



Gráfica 5. Comparación de las muestras de intervención para la normalidad.

De la gráfica 5, se puede concluir que se trabaja con muestras distintas y por ello responden mejor a un análisis de datos de tipo no paramétrico.

Seleccionado el método de análisis, se opta por la prueba de U- de Mann-Whitney con una diferencia significativa de $p < 0.05$, que mediante el programa de StatSoft, aporta la siguiente información, contenida en las Tablas 6 y 7.

5.2. Prueba U de Mann-Whitney

Para la evaluación de la hipótesis propuesta con una significancia de $p < 0.05$ se parte de los supuestos que:

Si $X_c > X_i$; se rechaza H_0 Si $X_c < X_i$; se acepta H_0

Los resultados de la prueba de se presentan en las tablas 6 y 7 para las prueba de pre-test y post-test.

TABLA 6. Prueba U de Mann-Whitney entre los grupos del pre y post-test

ANALISIS DEL PRE

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet4) By variable Var1 Marked tests are significant at p <,05000										
	Rank Sum - Control	Rank Sum - ABP	U	Z	p-level	Z - adjusted	p-level	Valid N - Control	Valid N - ABP	2*1sided - exact p
Var2	365,5000	414,5000	134,5000	-1,53536	0,124696	-1,58928	0,111998	21	18	0,125679

ANALISIS DEL POST

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet4) By variable Var1 Marked tests are significant at p <,05000										
	Rank Sum - Control	Rank Sum - ABP	U	Z	p-level	Z - adjusted	p-level	Valid N - Control	Valid N - ABP	2*1sided - exact p
Var3	481,5000	298,5000	127,5000	1,732566	0,083174	1,758751	0,078621	21	18	0,083168

TABLA 7. Diferencia de los grupos en intervención con el tema RL por la prueba U de Mann-Whitney

ANALISIS DE LA DIFERENCIA

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet4) By variable Var1 Marked tests are significant at p <,05000										
	Rank Sum - Control	Rank Sum - ABP	U	Z	p-level	Z - adjusted	p-level	Valid N - Control	Valid N - ABP	2*1sided - exact p
Var4	515,5000	264,5000	93,5000	2,690408	0,007137	2,716937	0,006589	21	18	0,006132

Como se aprecia en la tabla 7, el valor de confianza calculado fue de $p < 0.0071$, lo que significa que se acepta la hipótesis nula propuesta para este trabajo sobre los aprendizajes sin la estrategia de ABP.

5.3. Estadística descriptiva

La información descriptiva de las muestras que participaron en la intervención educativa se concentra en el cuadro C.

Cuadro C. Cuadro comparativo de la estadística descriptiva de la aplicación del tema RL

Grupo control (Xc)	Grupo intervención (Xi)
Estrategia: clase expositiva	Estrategia: ABP
<p>n=21 mujer 62.1% hombre 37.9% Edad x= 15.92 Md= 16</p> <p>Pre-test Idea preconcebida : a, b y d ** aún no lo vemos Resolución a respuesta 3:5</p> <p>Post-test Asimilación del tema RL primera semana 8.88 ± 1.41 S² = 1.98</p> <p>Idea preconcebida ajustada: b</p>	<p>n=18 mujer= 66.7% hombre= 33.3% Edad x= 15.96 Md= 16</p> <p>Pre-test Idea preconcebida : b Resolución de respuesta 3:5</p> <p>Post-test Asimilación del tema RL primera semana 5.52 ± 1.45 S² = 2.10 Asimilación del tema RL segunda Semana 7.84 ± 1.13 S² = 1.27</p> <p>Idea preconcebida ajustada: b, d</p>
<p>a=situaciones políticas b=situaciones biología celular c=situaciones deportivas d=situaciones evolución biológica</p>	

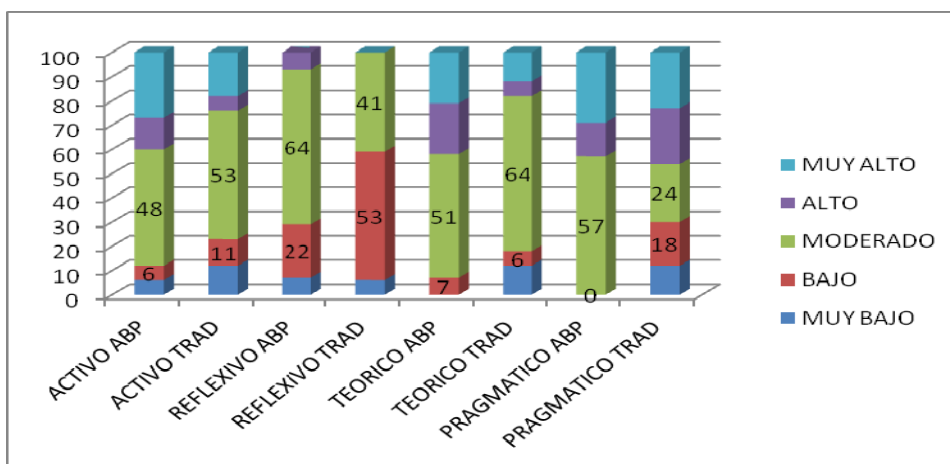
Los resultados comparativos entre el grupo sin intervención y con el ABP muestran un avance en el conocimiento del tema a partir de la segunda semana de intervención, pero en cuanto el manejo de los conceptos el grupo control presenta diferencia significativa sobre la estrategia de ABP.

5.4. Estilos de aprendizaje.

En relación a los estilos de aprendizaje los datos se agruparon de acuerdo al anexo C, y se encontró que el grupo de intervención con la estrategia ABP, tiende a ser más reflexivo, y pragmático, lo cual resulta mejor, para adaptarse al trabajo con la estrategia como se observa en la gráfica 6.

El cuestionario CHAEA, tiene la flexibilidad de que es aplicable a sujetos adultos y en función del porcentaje de respuestas correctas puede ser

interpretado de forma individual o colectiva (Salas, 2014). Habiendo aplicado el cuestionario después de la asignación de la estrategia, se infiere que la evaluación es la adecuada para el perfil de cada intervención pedagógica dentro de los grupos.



Gráfica 6. Comparación de los estilos de aprendizaje de acuerdo al cuestionario CHAEA de Honey-Alonso.

Si se consideran, las características definidas para cada estilo, los alumnos que se representan como reflexivos tienden aprender mejor, al tomar posturas de primero pensar y después actuar, al realizar observaciones, las analizan al presentarse como un nuevo conocimiento; lo que lleva consigo, la relación entre aspectos teóricos con la práctica (Salas, 2014).

Para el caso de los estilos activo y teórico, en ambos grupos hay oportunidad de implementar la estrategia, ya que en este supuesto, se aprende mejor ante la presencia de un desafío, cuando implica tiempos cortos de aplicación y resulta ser novedoso (Salas, 2014).

5.5. Instrumentos

5.5.1. Competencias genéricas

De la aplicación de una lista de cotejo como autoevaluación y heteroevaluación implementados, tanto en el grupo control (Xc) como con el ABP (Xi) se presentan las competencias desarrolladas en la tabla 8.

Tabla 8. Competencias generadas con la implementación del tema radicales libres. Clase expositiva versus estrategia ABP.

	COMPETENCIA	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	Sin ABP	Con ABP
PROCEDIMENTAL	Organización y planificación	1. Cumple plazos de entrega de trabajo y actividades.	0.632	0.261
		2. Planifica previamente el tema de estudio.	0.362	0.810
		3. Se compromete con las actividades asignadas.	0.448	0.369
		4. Asiste a la sesión de clase puntualmente.	0.662	0.614
ACTITUDINAL PROCEDIMENTAL	Trabajo colaborativo	5. Valora la opinión de sus compañeros.	0.562	0.261
		6. Trabaja con los compañeros de forma colaborativa.	0.462	0.588
		7. Comparte información relevante con sus compañeros de equipo.	0.729	0.235
		8. Asume roles de liderazgo.	1.133	0.941
ACTITUDINAL	Reconoce y respeta la diversidad	9. Es empático con el trabajo de los otros.	0.790	0.252
		10. Comprende las dificultades del tema para otros compañeros.	0.900	0.565
		11. Muestra sensibilidad sobre lo que expresan otros compañeros.	0.829	0.353
DECLARATIVA PROCEDIMENTAL	Comunicación oral y escrita	12. Transmite ideas de forma clara y organizada.	1.014	0.811
		13. Expresa de forma oral y escrita correcta el tema.	0.833	0.588
		14. Expone de forma creativa su investigación.	1.062	0.823
		15. Utiliza las tecnologías de información y comunicación eficientemente.	0.691	0.471
ACTITUDINAL DECLARATIVA	Habilidades interpersonales	16. Escucha con atención a los demás.	0.614	0.500
		17. Mira a sus interlocutores a la vez que interactúa con ellos.	0.514	0.382
		18. Habla con un tono de voz adecuado y seguro	0.748	1.163
DECLARATIVA ACTITUDINAL	Aplicación a su entorno	19. Propone ideas de mejora para la sociedad en relación al tema.	0.814	0.487
		20. Propone acciones concretas sobre la aplicación del tema para un bien común	0.862	0.941

HABILIDAD **ítems** Escala Likert
 Declarativa it12, it13, it14, it18, it19 5= siempre 4= generalmente 3=casi siempre
 Procedimental it1, it2, it3, it4, it6, it7, it15 2=poco 1= casi nunca
 Actitudinal it5, it8, it9, it10, it11, it16, it17, it20 α de Cronbach = 0.947

Para la validez de los ítems se tomó en cuenta el alfa de Cronbach a partir de 0.70 como bueno. Como se usan para las varianzas (s^2), para el presente trabajo se propuso tomar en cuenta que aquellos ítems cuyo rango fuera $s^2 \leq 0.500$ como de mayor desarrollo sobre la competencia referida (Hernández Sampieri, 2010).

La evaluación por competencias, es una aproximación al grado de dominio alcanzado, en un momento determinado por el estudiante, ya que, este proceso requiere tiempo para su desarrollo pleno y en muchos casos, se formaliza fuera del contexto escolar asociado más a la vida real (Gallego, 2013).

5.5.2. Grado de motivación e interés con el trabajo de ABP

En términos de evaluación para el interés y motivación con el trabajo del ABP en el tema RL, se presenta el cuadro D. Tomando la misma referencia del valor de las varianzas de cada ítem, se aceptó como valor consistente, aquellos con $s^2 < 0.500$ para tomar en cuenta sobre la confiabilidad del *ítem* en estudio.

El valor de alfa de Cronbach obtenido para la consistencia interna de los ítems propuestos fue de 0.94 considerado como muy bueno.

Cuadro D. Evaluación de la motivación e interés del tema de radicales libres con el uso de la estrategia de ABP.

Item	Indicador	S ²
1	Comprendo mejor la información con el ABP que utilizando la metodología tradicional	0.823
2	Aprendo más y mejor con la técnica del ABP	0.605
3	Las sesiones de clase resultan más interesantes con la metodología del ABP	0.330
4	Esta metodología aumenta mi motivación por aprender e investigar.	0.353
5	Me gustaría que se utilizará esta metodología en el resto de la asignatura.	0.824
6	El ABP resulta más útil para mi formación.	0.497
7	El ABP me prepara mejor para mi interés profesional.	0.497
8	El ABP aumenta mi motivación para asistir a las sesiones de clase	0.353
9	El Grado de satisfacción con el uso del ABP es alto.	0.753
10	El tema de radicales libres y envejecimiento celular me fue interesante.	0.497
11	La investigación realizada permite profundizar más el tema de radicales libres	0.382
12	El problema planteado me es útil en mi contexto personal y social.	0.732
13	El/la profesor(a) muestra interés en lo que aporto.	0.369
14	El/la profesor(a) crea un ambiente adecuado para debatir.	0.183
15	El/la profesor(a) escucha y responde adecuadamente a mis problemas y dudas.	0.487
16	El/la profesor(a) admite los conocimientos que no sabe.	0.497
17	El/la profesor(a) ayuda al grupo a identificar información relevante para el tema.	0.536
18	El/la profesor(a) plantea nuevas preguntas que estimulen el pensamiento y análisis sobre los problemas.	0.301
19	El/la profesor(a) se muestra cercano(a) y amigable y promueve confianza.	0.147
20	El/la profesor(a) provee comentarios constructivos acerca de la información presentada.	0.565

De los resultados se interpreta, que tanto el tema de RL y el trabajo con el ABP, generando interés y motivación en los estudiantes y que el trabajo proporcionado por parte del docente, se convierte en facilitador del aprendizaje, al dar confianza a lo que investigan y comparten.

El escalamiento de Cornell permite agrupar la información a partir de porcentajes, así que, se decidió tomar como consistente aquellas opiniones que fueron mayores al 70% de grado de satisfacción como relevante para este trabajo.

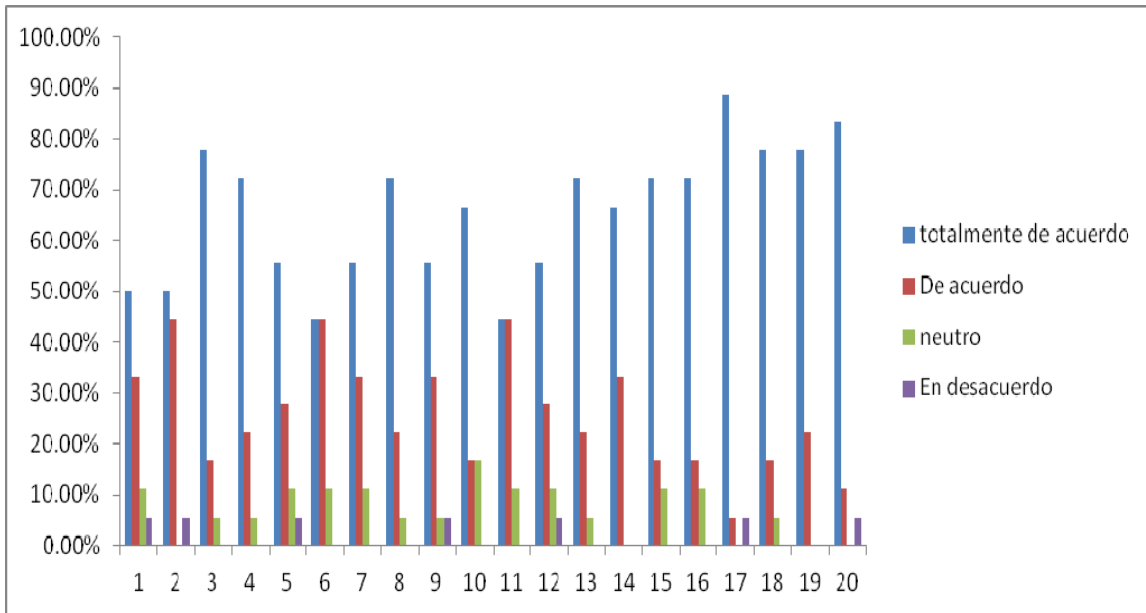
En relación al cuadro D, se consideran que los ítems 3, 4, 6, 7, 8, 9 y 10 son consistentes para la acción de la implementación del ABP y el tema; mientras que el trabajo del facilitador, los ítems, 13, 14, 15, 16, 18 y 19 son los válidos para la estrategia.

De acuerdo al porcentaje de mayor satisfacción considerado como totalmente de acuerdo se tienen los ítems 3, 4, 8, 13, 15, 16, 17, 18 19, 20, como se aprecia en la gráfica 12. Resulta interesante, que para el grupo en intervención los ítems 6, *“El ABP resulta útil para mi formación”* y el ítem 11; *“La investigación realizada permite profundizar más el tema de RL”* tienen una aceptación del 50% para los estudiantes, lo cual puede ser un elemento a profundizar en el trabajo.

Del grado de acuerdo con el uso de la estrategia ABP, los estudiantes manifiestan estar de acuerdo en su mayor porcentaje como se muestra en la gráfica 7.

Cabe mencionar que una estudiante, manifestó que el trabajo por ABP no le gusta que prefiere clases expositivas, aunque si le fue interesante el tema.

En general los alumnos se encontraron en acuerdo con el trabajo realizado y altamente motivados para su desarrollo en otros ejercicios.

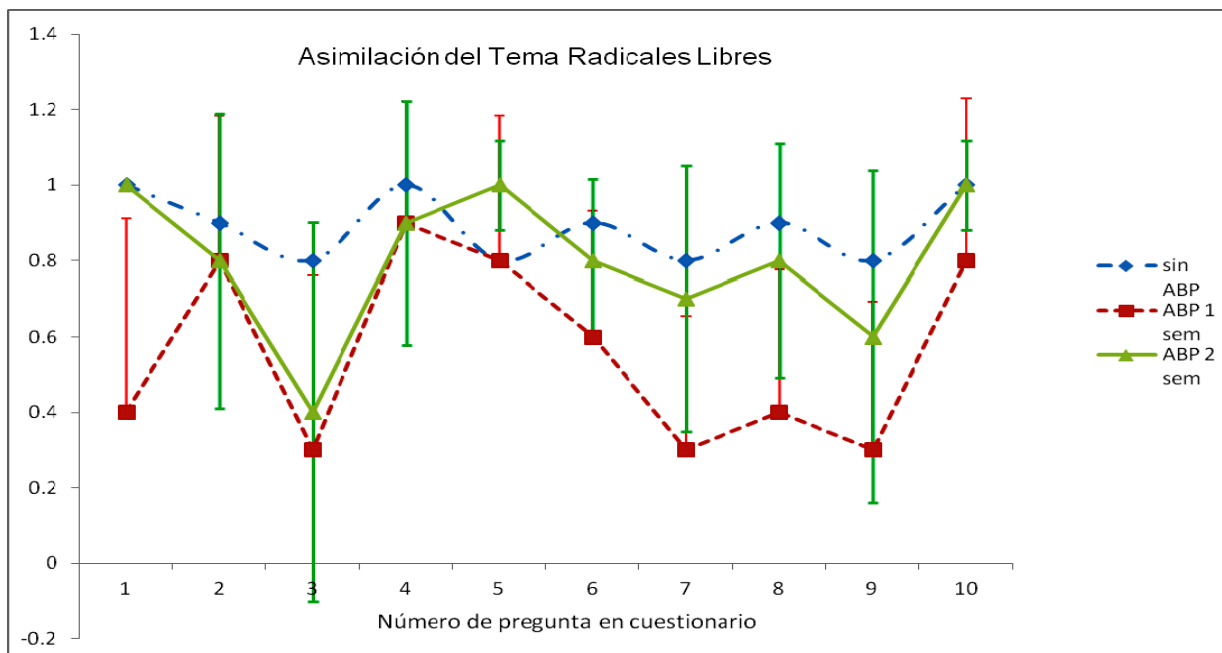


Gráfica 7. P orcentaje de aceptación del uso de la estrategia, el tema y el trabajo del facilitador en el grupo de intervención por ítem.

5.5.3. Asimilación de conceptos del tema radicales libres

La evaluación de los conceptos asimilados para el tema RL, a través de la implementación de un ejercicio de 10 oraciones a complementar³⁰ se presenta en la gráfica 8, como la media de calificación por respuesta correcta. Para la primera semana, el grupo control (Xc) obtiene la mejor valoración para los aspectos cognitivos del tema de RL al presentar el grupo más respuestas correctas en comparación con el grupo en intervención con la estrategia de ABP. Lo anterior, puede deberse, a que los estudiantes con la estrategia de ABP apenas están asimilando y acomodando los constructos del tema RL.

³⁰ Las palabras subrayadas en el ejemplo, son las que el estudiante debía completar de acuerdo a una lista de palabras clave propuesta previamente.



Gráfica 8. Asimilación del tema “radicales libres” por pregunta correcta

Para la segunda semana de intervención la investigación se ha consolidado y los alumnos conocen más información a partir de la discusión del artículo de Cabiscol (2014), “Oxidación celular y envejecimiento. Radicales libres: Dr. Jekyll y Mister Hyde”.

A continuación se relacionan los conceptos que completaban cada caso en las preguntas que tienen menos respuestas correctas.

Pregunta 2

*Los compuestos químicos se debilitan cuando sus cargas son **neutras** al completarse su último nivel de energía.*

Pregunta 4

*Cuando un compuesto queda con un **electrón** desapareado, forma la entidad química denominada radical libre.*

Pregunta 5.

*Cuando en una reacción química se pierden electrones significa que se está llevando a cabo una **oxidación**; mientras que si se ganan electrones significa que se está llevando a cabo una **reducción** en todo el sistema.*

Por el contrario, para la primera semana de intervención con ABP, los constructos están en reajuste y acomodación, mientras que los temas sobre estrés oxidativo no se han terminado de revisar por lo que las preguntas 7, 8 y 9 tuvieron la más baja puntuación global en comparación con el grupo control.

Pregunta 7

*Cuando hay un **daño**, las células son más susceptibles de presentar **alteración** en distintas estructuras del cuerpo.*

Pregunta 8

*El **envejecimiento** celular se asocia con daño a nivel de algunas **biomoléculas** presentes en membranas y el núcleo.*

Pregunta 9.

*Los agentes asociados a la formación de radicales libres pueden ser **radiaciones** y **contaminantes** entre otros.*

Transcurridas las dos semanas que completaban las nueve sesiones propuestas para el ABP, estas mismas preguntas se encuentran ya en mejor proceso de asimilación para el grupo en intervención.

En cuanto a la pregunta 10 en ambos grupos fue fácilmente asociada y asimilada ya que complementaba el trabajo experimental de la práctica titulada “una experiencia vitalizante”

Pregunta 10

*Para prevenir la formación de radicales libres es recomendable una **dieta** rica en **antioxidantes** como los frutos rojos, ejercicio y estilos de vida saludable.*

Para la sesión programada de cierre (viernes 17 de noviembre, 2017), los alumnos ya habían leído el artículo de referencia y terminado la investigación, por lo cual se llevó a cabo una sesión de 20 minutos, para completar de forma ordenada el tema RL, en una presentación donde se retomaron los temas de estructura del átomo, estructura del oxígeno y la formación del RL, así como los daños bajo el título “El bueno, el malo y el feo”.

Los resultados comparativos para este segundo momento, permiten comprobar un avance sobre el conocimiento del tema, en comparación con la clase expositiva y el número de sesiones implementadas (gráfica 14). Los elementos que pueden apoyar en el proceso de aprendizajes en el ABP, deben tomar en cuenta la carga de actividades extraescolares no sólo de la asignatura, sino de los que cursa en ese momento y por ello, podría ser considerado como un elemento de apertura y vincular de forma transversal con otras asignaturas del mismo semestre o de semestres anteriores.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación educativa, resulta innovador al contribuir con el conocimiento sobre el uso de la estrategia ABP para un tema que no se ha considerado en los contenidos curriculares de la EMS en México. La forma de evaluar el ABP a través de distintos instrumentos, comprueba que efectivamente, visto desde el enfoque constructivista se favorece la integración a más competencias, que para el estudiante pueden referirse como los aprendizajes significativos que menciona Ausubel.

De acuerdo a Eggen (2014) y Moreno (2012), el uso de evaluaciones distintas resultan, especialmente valiosas para medir el avance en el aprendizaje, aplicando como estrategia el ABP, pues permiten a los docentes, partir desde el desempeño, la observación e investigación sistemática tanto individualizada como con el trabajo colaborativo en los equipos, tener así información sobre el aprendizaje del alumno, no sólo en el aspecto conceptual, sino también en el procedimental y actitudinal.

Cuando se revisan las competencias genéricas desarrolladas, Gallego (2013), considera que los estudiantes tienen diferentes formas de construir su aprendizaje, a partir de lo que les interesa y de las propias habilidades que ya traen desarrolladas tanto cognitiva como afectivamente.

El ABP, como diseño didáctico promueve más competencias entre los estudiantes que lo ejecutan, que además son aceptadas, validadas y cotejadas por el mismo, al ser crítico de sus acciones sobre lo que se le presenta como un reto a explicar en un tema específico.

Con el resultado obtenido en las competencias alcanzadas se confirma que la estrategia del ABP, cumple para el momento evaluado, la función en la adquisición de aprendizajes significativos después de las nueve sesiones

programadas del diseño de la estrategia; lo cual, hace un cambio conductual sobre lo que aprende y como lo asimila cada estudiante.

La validez de los instrumentos, la consistencia y estructura de los ítems, es muy importante de revisar, para que el trabajo permita al mismo estudiante gestionar sus aprendizajes, como una nueva forma de evaluación sobre lo que aprende.

Los estudiantes con la estrategia ABP presentaron un cambio, tanto en lo afectivo como en lo social, al concluir la sesión salían contentos y daban sugerencias de donde buscar más información para la presentación de su investigación, mientras que en la clase sólo expositiva, los estudiantes estaban en espera de que concluyera para retirarse a realizar otras actividades. Al comparar la evaluación de las competencias genéricas, los estudiantes de la clase expositiva (grupo control) sólo alcanzan bajo los criterios establecidos tres habilidades dentro del rubro de actitudinal y procedimental. Mientras que con el trabajo del ABP se desarrollaron diez competencias, resaltando las habilidades interpersonales y aplicación a su entorno (Caballero, 2011; Moreno, 2012). En este sentido Latasa (2012), considera que los estudiantes que reciben educación sólo de tipo expositiva, traen consigo una forma de inercia, ya asumida en el proceso de enseñanza-aprendizaje, derivada de las experiencias de los niveles educativos que le anteceden, y como consecuencia, sus opiniones y creencias como *misconceptions*, en ocasiones pueden ser un obstáculo para incorporar nuevas actividades o metodologías en el salón de clases, lo que promueve sujetos pasivos en el aprendizaje y parecen desmotivados para aprender nuevas cosas.

El trabajo con el ABP confirma, que los objetivos esperados con el uso de esta estrategia, permite a los estudiantes, aprender a resolver un problema de forma sistemática, no necesariamente lineal y los constructos se van ajustando conforme se enfrenta a nuevos cuestionamientos. El trabajo colaborativo que se estableció nuevas habilidades interpersonales para la resolución, no sólo del

problema detonante de investigación, sino más dirigido a la tolerancia y el respeto por las ideas de los otros, que fomentan la capacidad social de los mismos como lo propone en teoría, el constructivismo (Eggen, 2014).

El proceso con el ABP aplicado en esta intervención educativa, involucro la búsqueda para resolver la pregunta detonadora ¿me estoy oxidando y no me doy cuenta? a través de la indagación, de tal forma; que los estudiantes al enfrentarse para dar una solución tentativa a la hipótesis planteada, inician la reflexión y el proceso de investigación al recabar datos, que permitan inferir si es correcta la hipótesis sugerida o es necesario replantear la información a partir de generalizaciones. Este proceso *per se*, conlleva que el estudiante re-estructure lo que consulta, como lo asimila y como lo interpreta. El uso de las TIC's y la información a la cual accede por medio del internet, permite llevar al aula el análisis y acercarlo a aspectos de su mundo real aun en la virtualidad. La oportunidad de elección sobre lo que consulta y la confiabilidad dependen en gran medida de las habilidades y competencias individuales del estudiante, basados en la búsqueda y credibilidad de los elementos con los que cuenta de forma recurrente en las bibliotecas o de interés personal; así que la guía del docente como facilitador durante el desarrollo de la estrategia, es importante en la orientación de la información que se comparte.

Si la pregunta que detono el proceso investigativo resulta interesante, los alumnos por iniciativa se motivan e incluso llegan a proponer nuevas actividades que surgen de la curiosidad y reto, convirtiendo, ahora las tareas solicitadas como auténticas para el estudiante. Se confirma que la estrategia, favorece la autonomía del estudiante y confía más de manera crítica cuando expone sus ideas, lo cual, se comprobó cuando los estudiantes reflexionaron que las células se oxidan y lo asociaron algunos al proceso respiratorio en la mitocondria (Eggen, 2014; Díaz Barriga, 2002).

Un problema, que debe de ser revisado en relación al tema de los RL en particular, para los cursos de biología I, está dado con el concepto de

respiración celular, pues muchas en muchas ocasiones sólo se expone, como el ingreso del oxígeno a las células y sus productos resultantes. El tema bioquímico no se profundiza por lo cual, si es necesario, generar alguna guía de apoyo para los estudiantes o implementar el tema en otro curso en semestres posteriores, donde los conceptos ya se hayan asociado y cuente con más habilidades para la búsqueda de información y su interpretación. Cabe aclarar, que no necesariamente ocurre eso, ya que para la evaluación de la estrategia, los conceptos previos de química, se cursan en segundo semestre y fueron los que, en ambos grupos contabilizaron más errores, lo que tampoco es concluyente para el análisis de los aprendizajes significativos de tipo conceptual.

Para Moreno (2012), el trabajo con el ABP promueve en mayor medida la motivación, al vincular con una situación de su entorno, lo cual, permite al estudiante ver ya un concepto no como algo abstracto, sino lo interioriza como algo vivencial lo que se logró demostrar durante la intervención educativa.

La complejidad de la forma en que se da la solución a la pregunta detonadora, puede ser considerado como temporal, en lo que los alumnos logran asimilar y organizar la información. Sin embargo, es posible que en algunos casos la estrategia no sea la adecuada para implementar en cursos que necesiten reorganizar el plan de trabajo curricular.

Los resultados sobre la motivación y el uso del ABP obtenidos en el presente trabajo confirman los presentados por Urrutia (2011), en estudiantes de medicina ante el trabajo con el ABP, al comprobar que se presenta más interés entre los estudiantes por lo innovador que resulta en la forma de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo; también se estableció, que para dominar un tema y su organización, se requiere más tiempo y que al no estar familiarizado el alumno con la forma de trabajo del ABP se complica el trabajo académico, situación que también se dio durante la intervención educativa.

El papel del docente como facilitador es importante para promover el cambio de roles, además debe de contar con capacidad para resolver los nuevos retos que se dan durante el proceso de la estrategia, por lo cual su propia evaluación como guía efectivo para los estudiantes, ante nuevas interrogantes debe de ser reflexionado como parte del quehacer docente.

En atención a los tiempos establecidos para el número de sesiones con el ABP y debido a que el tema de RL no ha sido abordado directamente, se buscaba evidenciar la forma de incluir el tema quedando limitado al envejecimiento celular. Sin embargo, queda demostrado que los estudiantes, buscan primero clarificar sus conocimientos previos, para ahondar en la información faltante durante el proceso de investigación. La experiencia demostró que después de la primera sesión (paso cinco de la estrategia), el objetivo de entender el proceso de envejecimiento celular los llevaba a cuestiones de respiración y procesos más complejos de salud.

De acuerdo con Pimienta (2007), el ABP no excluye los principios de la didáctica tradicional, sino que se apoya en ellos para mejores logros, situación que sería al mediar la información con una guía estructurada del trabajo para el estudiante y el docente y que en este trabajo no se realizó de forma conjunta sino cada grupo fue considerado de manera independiente en la estrategia. Para llegar a esa relación de enseñanza-aprendizaje se sugiere implementar; entonces, con temas cortos, para que la relación por asimilación de los constructos; se dé, tomando en cuenta el nivel de desarrollo cognoscitivo del propio estudiante.

La implementación de la estrategia con el ABP, requiere desde sus planeación, la adaptación a un currículo para los temas dentro de una misma asignatura. Conviene replantear su uso de forma transversal al combinar la teoría como la práctica, en otras asignaturas en función a las competencias genéricas que puedan ser empleadas, de acuerdo a los procesos lógicos del problema a

resolver de manera multidisciplinaria. Queda entonces evaluar la pertinencia al inicio de la asignatura de Biología II del plan del CCH 2016, de esta propuesta.

Hasta la fecha sólo el ITESM, tiene adecuadamente la formación de planes de trabajo para sus bachilleratos con los docentes, lo cual puede resultar eficiente. La poca aplicación en los bachilleratos universitarios de la ENP y el CCH se puede corregir al formar academias para alcanzar propuestas colegiadas de transversalidad y la capacitación a los docentes sobre el proceso facilitador.

La pregunta que continua abierta es, sobre la evaluación de los conocimientos que tiene el estudiante desde su conceptualización, adquiridos a nivel académico estos pueden ser una barrera para los cambios a estrategias como el ABP, ya que si sólo se considera como significativo, el aprendizaje conceptual, queda demostrado que es mejor continuar, con la función del docente impartiendo los aprendizajes de forma tradicional, pero bajo esta tesis el verdadero aprendizaje no es limitativo a una competencia.

La evaluación de manera transversal sobre la evolución de la asimilación de los constructos debe ser también en semestres posteriores, por lo cual cabe considerar, nuevamente reunir a los participantes de ambos grupos de la intervención, para comprobar si el tema les quedo claro o los resultados sólo fueron positivos para el momento en que se acababan de revisar y son respuesta de memoria a corto plazo.

De los resultados presentados del cuestionario de complementación para la primera semana de intervención en ambos grupos, es evidente que de 10 preguntas para identificar los contenidos asimilados, el promedio más alto se evidencia en el grupo control con 8.88 de aciertos globales versus 5.52 del grupo en intervención con ABP. Lo anterior puede ser considerado como aceptable, ya que los elementos dados como una clase expositiva fueron de forma dirigida y unidireccional, impartida como una clase magistral, y en la cual se diseñaron esquemas representativos de un modelo de radical libre a partir

del uso de emoticonos³¹, considerando que los jóvenes tienen su momento apoyados en los medios electrónicos y como parte del uso de elementos y recursos a los cuales acceden en su contexto socio-histórico vigente (Sánchez, 2015; Rosa, 2016). Lo anterior se comprueba del análisis estadístico presentando una diferencia significativa $p < 0.05$ para el grupo control en la primera semana de intervención. Pero, es evidente que la estrategia es eficiente, ya que a la segunda intervención, los estudiantes mejoran su comprensión para el tema de RL de forma independiente.

En cuanto al grado de avance en la asimilación del concepto de radicales libres, el constructo es propio de lo que se compartió entre los equipos en dos sesiones y que se fue integrando en atención a los recursos que cada uno, fundamento la respuesta de la pregunta detonadora y la hipótesis propuesta como se muestra en la figura 14, de la solución a las pregunta *¿Me estoy oxidando y no me doy cuenta? ¿Qué le ocurrió a la manzana?* por equipo.

Los aprendizajes se logran en atención a lo que el estudiante y sus pares buscan resolver como algo principal y aclarando sobre el proceso en forma colaborativa sus inquietudes. De la figura 14, cabe mencionar que el equipo identificado como número dos, fue el que más información compartió sobre la acción de los RL, debido a que uno de los integrantes se encontraba interesado de forma personal en el tema y tiene libros del cuidado a través de la alimentación y la salud.

Los avances con relación a la autonomía y búsqueda de información, la resolución a los constructos por cada integrante del equipo y como presentación de evidencia del trabajo colaborativo entre pares, los aportes en la discusión y elementos que surgen como nuevos puntos de convergencia a la resolución del problema, se presentan en la figura 15.

³¹ De acuerdo a la Real Academia Española (RAE), es la representación de una expresión facial que se utiliza en mensajes electrónicos para aludir al estado de ánimo

Como se muestra en la figura 15, los estudiantes inician un acercamiento al concepto de RL, incluso en tres equipos incursionan en nuevas inquietudes sobre temas que deben de relacionar con física y química.



Figura 14. Esquema de la distribución de equipos y diseño estrategia ABP.

Al revisar, que los conceptos relacionados al tema de RL, los constructos correspondientes a química como ión y átomo, presenta problemas en su identificación para el andamiaje cognitivo, cuando los estudiantes resuelven el instrumento de complementación, lo que podría significar que los constructos implican mecanismos de adquisición a más largo tiempo, al ser un tema en

muchos casos abstracto. Sin embargo, para los estudiantes que revisaron el tema por el ABP, identifican como se representa un radical libre más tempranamente y las consecuencias asociadas a esté. Por ello, el apoyo a partir de modelos, pueden agilizar el proceso de comprensión de un concepto.

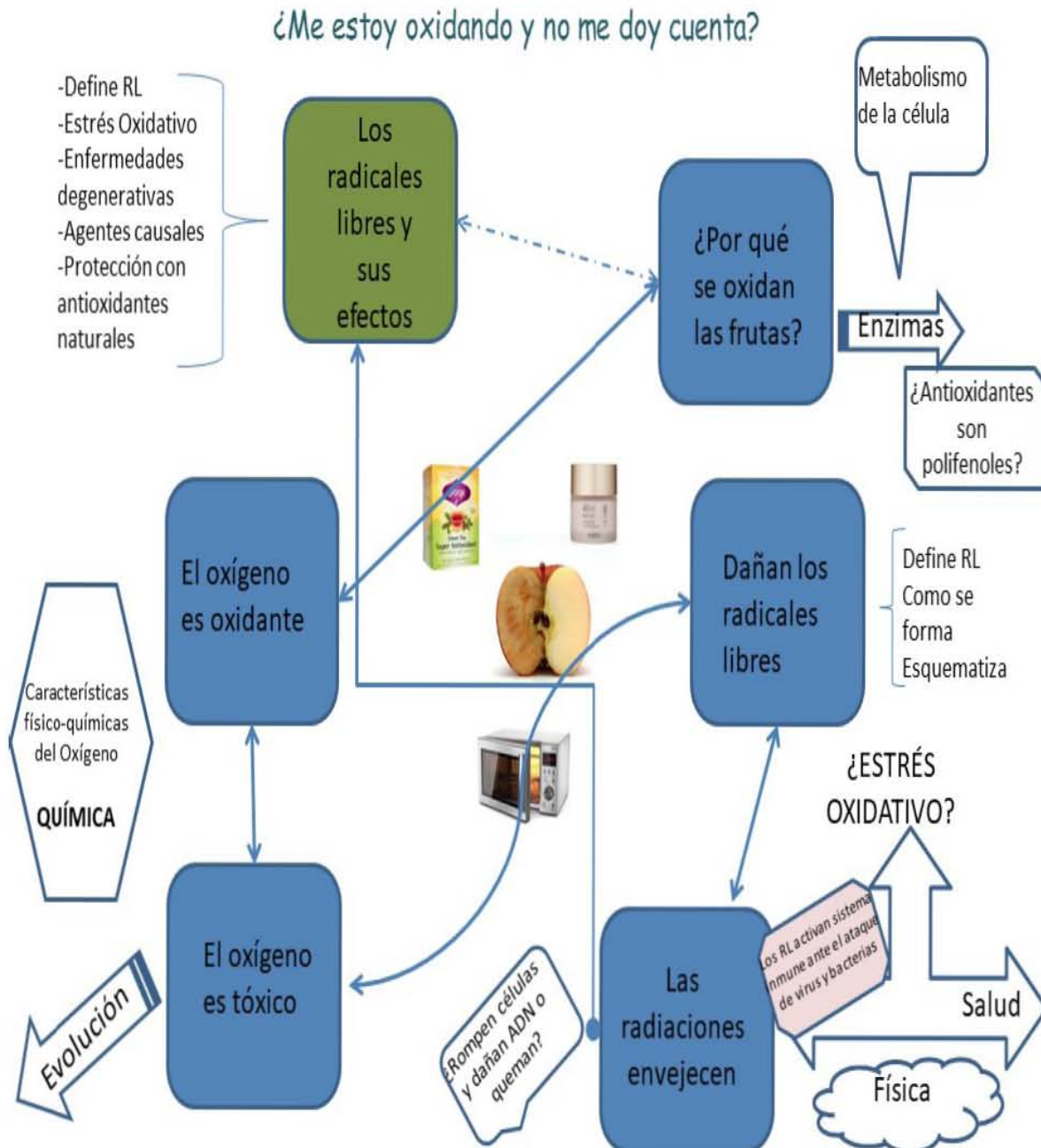


Figura 15. Resolución a un primer avance de investigación por equipos al trabajo con la estrategia de ABP.

En cuanto a la novedad del tema de RL, es evidente que genera interés en los estudiantes por lo cual puede ser introducido como parte de vinculación a los contenidos como se ve el avance de la asimilación en la figura 15.

En el caso de la propuesta denominada “Una experiencia vitalizante”, se llevó a cabo en ambos grupos (X_c y X_i) durante la primera semana, para considerar el desarrollo procedimental con el manejo de materiales y un reporte de trabajo escrito. La evaluación del producto final, se realizó a través de una rúbrica, con ponderación de 10 como máximo y mínimo de 2.5 en calificación. Los puntos de evaluación se dividieron en la actividad procedimental y de trabajo colaborativo durante la práctica, la elaboración de una hipótesis y el reporte y conclusión al confrontar la hipótesis dada. De acuerdo a Moreno (2012), cuando una rúbrica está correctamente elaborada, se logra evaluar, no sólo los productos presentados, sino también el desempeño del estudiante de forma objetiva y con oportunidad para retroalimentar, sobre puntos de mejora para el estudiante, valorando así, sus debilidades y oportunidades de desarrollo formativo.

De los resultados obtenidos se aprecia que el uso de rúbricas apoya a una mejor comprensión para los estudiantes, al revisar los elementos que se evaluaron y comparar sobre la retroalimentación los aspectos a mejorar.

El hecho de comparar una hipótesis y contrastarla, es otro elemento importante en el ABP, ya que busca que el estudiante proponga respuestas congruentes con su realidad y permita el análisis, la reflexión y la verificación de resultados.

A continuación se comparten algunas de las hipótesis y las conclusiones generadas entre los estudiantes. Asimismo, evidencias de la experiencia práctica propiedad de los estudiantes.

Equipo 3 (ABP)

Hipótesis (H₀): Al agregar sustancias naturales como el jugo de naranja, el jugo de limón y el té a algunos de los vasos de precipitado que contienen arroz, inmediatamente reaccionarán como antioxidantes en la mezcla. Y a los

vasos de precipitado restantes con arroz que se les agreguen pastillas, tardarán un poco más en reaccionar.



Figura 16. Evidencia del desarrollo experimental del poder antioxidante de algunas sustancias. Propuesta experimental “Una experiencia vitalizante” [imagen del reporte de práctica. Aspecto de las sustancias después de agregar las pastillas y vitaminas que actuaron como antioxidantes. Foto: integrantes equipo 3: Ismael García, Nayelli Guillen, Angélica Martínez, Ana Paula Hernández. Grupo Intervención con ABP (324B) tomada con fines ilustrativos para el trabajo de Tesis]

Confrontación de la hipótesis y conclusión:

La vitamina C puede funcionar como antioxidante, ya que posee grupos en su estructura molecular que son oxidables; por tanto, es la misma vitamina C la que se oxida y no las biomoléculas por lo que reducen el riesgo de padecer algunas patologías, como degeneración celular o envejecimiento. La vitamina C se encuentra disuelta en el agua de la mayoría de las frutas y cuando se consumen dichas frutas, la vitamina se absorbe en el tracto gastrointestinal y pasa a las células, ejerciendo la función descrita anteriormente.

La hipótesis redactada resultó equivocada, pues al agregar sustancias naturales como el jugo de naranja, el jugo de limón y el té a algunos de los vasos de precipitado que contienen arroz, tardaron en reaccionar, debido a que no contenían tantos ingredientes que ayudarán a los antioxidantes a eliminar la cadena de radicales libres que se producían; a los vasos de precipitado restantes con arroz que se les agregaron pastillas, tardaron muy poco tiempo en reaccionar, cambiando el aspecto de los granos de arroz al original, debido a que contienen más ingredientes y concentración de antioxidantes (vitamina C) que destruye con rapidez los radicales libres, evitando que la cantidad de estos aumente.

Equipo 1 ABP:

Ho: Si le agregamos gotas de yodo al arroz, creemos que éste se tornará de un color oscuro por la presencia de carbohidratos. Al agregarle la vitamina C, el redoxón, el jugo y las fresas esperamos que regresen a tener su color blancuzco.

Conclusión: Todos los antioxidantes funcionaron, aunque en medida diferente y en un tiempo diferente, si queremos evitar la formación de RL debemos de saber cuáles son los mejores antioxidantes para nosotros.

Equipo 5 (Grupo control):

Ho: Esperamos observar el efecto antioxidante en las diferentes sustancias que trajimos.

Resultados y conclusión: Con esta práctica, nos dimos cuenta que los alimentos cuentan con propiedades que pueden ayudarnos a combatir enfermedades por el exceso de radicales libres. Incluso nos pueden proporcionar antioxidantes, otros productos como los suplementos de vitamina C.

Existen de manera comercial, productos que dicen tener propiedades antioxidantes; sin embargo, puede que no sea cierto, en el jugo de arándano que compramos no se observó algún cambio y el arroz incluso después de una semana, sigue estando oscuro. Es por eso, que es mucho mejor obtener antioxidantes de manera natural.

Equipo 3 (Grupo control)

Ho: Se verá en las reacciones que se llevarán a cabo si hay o no presencia de antioxidantes a través de la coloración o decoloración del arroz puestos en los frascos y en los vasos de precipitado. Si los granos de arroz se decoloran se dirá de cierta manera que la sustancia puesta en efecto tiene antioxidantes, sin se apreciará que la sustancia puesta tenga ausencia de antioxidantes.

Conclusión: al leer las observaciones, nos podemos dar cuenta de que los elementos dados tienen diferentes repercusiones en cuanto a la cantidad de antioxidantes que tienen. Los más eficientes podríamos decir, son el Redoxón y el Cevalín, pues estos presentan antioxidantes principalmente de vitamina C.

Equipo 1 (Grupo control)

Ho. El poder antioxidante de cada sustancia tendrá diferentes tiempos para actuar puesto que consideramos que los antioxidantes que tienen como complemento un mineral, regresaran al arroz a su estado original, además que influirá la composición de estos.

Conclusiones: Durante el experimento, una vez colocada la tintura de yodo en los vasos de precipitados, observamos una coloración en el arroz, el cual se torna negro, esto se debe a que la tintura de yodo es un oxidativo (RL) y ha reaccionado con los carbohidratos del arroz en su parte externa. De lo anterior podemos decir que los radicales libres influyen demasiado en nuestro organismo, ya que es causante de varias enfermedades graves como el cáncer, Alzheimer entre otros. Debido a esto debemos cuidar nuestra alimentación.



Figura 17. Evidencia del trabajo experimental de la práctica “Una experiencia vitalizante”.

[Imagen tomada del reporte de práctica. Foto: integrantes equipo 1: José de Jesús Ramos, Nailelli Fuentes, Raúl Nuño, Nancy Terán, Monserrat Campiña y Grupo control (321A) tomada con fines ilustrativos para el trabajo de Tesis]

Dadas algunas de las respuestas de los equipos aquí expuestos como ejemplo representativo, podemos ver que los estudiantes inician el proceso de reflexión sobre la importancia del cuidado a la salud y los efectos que se tienen con algunas concentraciones de vitaminas o antioxidantes.

Es evidente, que a pesar de que los estudiantes han tenido experiencias previas relacionadas con los compuestos celulares y las fases de la respiración celular en clase, estos han sido asimilados cognitivamente en atención a sus intereses e importancia del tema.

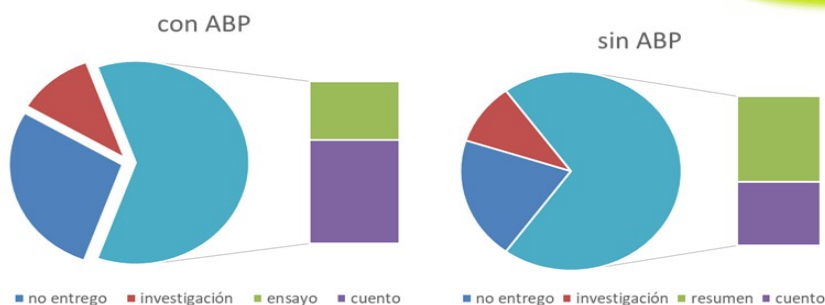
Tomando en cuenta las expresiones de los estudiantes o sus “*misconceptions*”, parecen indicar que la enseñanza de las ciencias experimentales, que involucran temas relacionados a la química, son mejor entendidas cuando han sido transmitidas por el docente como una lógica de trasposición de saberes, y que es complementado con la realización de experiencias prácticas de laboratorio, ante el hecho de tener más claro el concepto de acuerdo a Porlán (1997).

Las ideas previas y la significación que tiene para el estudiante, son importantes durante el proceso de construcción de las ciencias factuales, al cambiar la concepción de lo concreto, con lo abstracto que es su referente para validar los puntos de vista que tiene acerca del mundo y los significados con las palabras que asocia antes de formalizar desde el ámbito científico (Ordenes, 2014). Carretero (1998) considera que los conocimientos previos de los estudiantes, antes de la enseñanza de cualquier contenido, pueden ser relevantes en la indagación y aprendizaje de las ciencias, lo que se demuestra en el proceso al grupo en intervención con el ABP.

Los problemas asociados entre la conceptualización de lo microscópico y lo macroscópico, resultan aún evidente como un vacío conceptual, al no poder ser conceptualizado desde el nivel básico en algo simbólico como lo señala la aplicación de la prueba de completamiento en el punto cuatro, sobre ¿qué es un ión?, lo cual deja otra interrogante, si la transversalidad del aprendizaje se da en atención al currículo.

El trabajo del ABP también intercambia la capacidad de crear como valor motivador intrínseco de los estudiantes ante un nuevo tema a interiorizar, de tal forma, que ambos grupos presentaron un recurso literario, siendo más evidente que la argumentación y la creatividad quedan expuesta en el grupo de ABP ante la elaboración de más ensayos y cuentos versus el grupo control que realizó más resúmenes sobre el tema de radicales libres y el envejecimiento celular como se muestra en la gráfica 9 (Goleman, 2000).

Creatividad



Algunos Títulos:
Libertinaje de moléculas
Zombies en la naturaleza celular
¿Es una historia de amor?
Charlie y los radicales
Radicales libres
La familia radical

Gráfica 9. Creatividad del tema “radicales libres” como parte de un recurso literario.

Finalmente, y en atención a lo que es un AS, Garita-Sánchez (2001) propone que los elementos emergentes en el educando, tienen que ver con la horizontalidad de lo que construye de forma individual, pero también con el espacio para compartir con palabra, sentido o significados prácticas reales, que incluyen la capacidad auténtica de la escucha del otro, bajo los espacios de acción-reflexión, la práctica-teoría, con el consecuente crecimiento grupal y personal y la vinculación de la autonomía y la originalidad de sus constructos. Dicho así, es a través de las dinámicas interactivas, que se promueve el sustento de formación de los puentes cognitivos y afectivos del constructivismo como argumenta Ausubel. Es por ello que bajo el concepto también de un aprendizaje socio-cultural, podemos decir, que mediante el cambio de los comportamientos y sus significados es posible aproximarse a una modificación desde lo individual y esto, es llevado a lo grupal, por lo tanto también a lo social, transformándose así en un AS bajo un cambio actitudinal como promueve Vigostky.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación educativa, resulta innovador al contribuir con el conocimiento sobre el uso de la estrategia ABP, pues comprueba que, visto desde el enfoque constructivista se favorece la integración a más competencias genéricas, que para el estudiante, pueden referirse como los aprendizajes significativos que menciona Ausubel.

La implementación de protocolos experimentales sencillos y prácticos favorece el manejo de materiales de laboratorio y se cuestiona de forma crítica, que ocurre en un fenómeno, permitiendo corregir la hipótesis o sus concepciones previas después de entender el proceso, como parte del objetivo que se persigue no sólo en la estrategia sino en un aprendizaje real.

La capacidad que adquiere el estudiante ante otras formas de evaluación le da confianza sobre autoevaluarse y la tolerancia al trabajo en nuevos grupos colaborativos, fortaleciendo las relaciones interpersonales.

En estos momentos, donde la desvinculación social aumenta; el cambio cognitivo, desde la forma comportamental permite también la empatía hacia el trabajo y las ideas de los otros, requisito indispensable, si continua en aumento el intercambio de información de cualquier tópico, en la aldea globalizada en la que hoy todos estamos inmersos.

Los adolescentes de los bachilleratos deben ser guiados para que sus capacidades cognitivas, afectivas, motivacionales y procedimentales sean puestas en juego, pues de esa manera, se logran los avances en cualquier área del conocimiento, no solamente en el científico y quedo demostrado más con el ABP, ya que en el grupo que funciono como control con clase expositiva, el reto se convierte en demostrar quién sabe más y los estudiantes se separan más rápidamente de sus compañeros al concluir la sesión de clase.

La propuesta de un tema novedoso, como fue el de radicales libres, concepto que actuó como el detonante de esta investigación educativa, es factible de implementarse y los resultados orientan más, a una forma interdisciplinaria que hará posible un cambio incluso, en cómo deben de concebirse ahora los espacios áulicos para el aprendizaje de ciertos contenidos.

No es equivocado; tampoco considerar que de ser necesario, el trabajo con un enfoque tradicional, pero la recomendación sería mediante una comunicación bidireccional (feed-back) para motivar a los estudiantes.

Definitivamente, parte del trabajo es también, el cambio conceptual y procedimental por parte del docente, para que los modelos educativos tengan mejor impacto educativo.

En el presente trabajo, quedo demostrado que con el ABP, los estudiantes abren nuevas opciones de adquisición del conocimiento, primero en una forma divergente y al poner en común la información logran encontrar redes de integración lo cual permite, entonces que el constructo se vaya formando entre pares como lo menciona Vigostky.

Como todo trabajo investigativo, es importante el uso correcto del tratamiento estadístico, pues es la forma de interpretar las poblaciones no únicamente biológicas, sino también sociales.

PERSPECTIVA

En este proyecto de investigación, no se formularon guías del docente, pues la intención era ver la pertinencia del tema y su implementación en el curso como referente con el ABP, pues se deseaba identificar como influían sobre la acción de facilitador, ya que trabajos previos donde el docente usa una guía de referencia para llevar a cabo la estrategia, se reporta como complicada para el trabajo con el ABP. Como recomendación el diseño de guías flexibles y cortas que sirvan para orientar el trabajo al docente con esta estrategia.

Se recomienda a futuro la evaluación sobre el aprendizaje declarativo-conceptual, del tema “radicales libres” usando otras estrategias de tipo colaborativo. Los temas que convergen en conceptos pueden apoyar a que los estudiantes busquen más alternativas de solución o representación mental.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Tovar, L.M. (2000). Aprendizaje significativo por competencias. *Revista de Investigación*. 7: 18-24. Recuperado 18 de agosto del 2016 de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/educa/article/view/8125/7091>
- Alcántara, A. y Zorrilla, J.F. (2010). Globalización y educación media superior en México. En busca de la pertinencia curricular. *Perfiles Educativos*. 32(127): 38-57. Consultado el 20 de septiembre 2016. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982010000100003&lng=es&nrm=iso> ISSN 0185-2698
- Aliaga Tovar, J. (2002). Elaboración y validación de una escala de motivación y estrategias de aprendizaje para escolares de quinto y sexto grado de primaria. *Revista de Investigación en Psicología*. 5(2):27-49.
- Arancibia, V., Herrera, P. y Strasser, K. (1999). *Psicología de la educación*. Alfaomega. México. 277pp.
- Avello, M. y Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea*. 494: 161-172.
- Barell, J. (1999). *El aprendizaje basado en problemas: un enfoque investigativo*. Ed. Manantial. Buenos Aires. 270pp.
- Bellocchio, M. (2016). *La construcción del conocimiento científico o. Estrategias para aprender a aprender en la universidad*. Noveduc. Buenos Aires. 184pp
- Benloch, M. (1997). *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Aprendizaje Visor. Madrid. 108pp.
- Boveris, A. (2005). La evolución del concepto de radicales libres en biología y medicina. *Arz Pharm*. 46(1):85-95. Recuperado el 20 de abril de 2015 de <http://farmacia.ugr.es/ars/pdf/311.pdf>
- Bravo, M. y López-Ortega, A. (1998). Radicales libres e inflamación. *Gaceta de ciencias veterinarias*. Año 4 (2):31-40.
- Buendía Eisman, L., González González, D. y Carmona Fernández, M. (1999). Procedimientos e instrumentos de evaluación en educación secundaria. *Revista de Investigación Educativa*. 17(1):215-236. Recuperado el 11 de septiembre de 2017 de <http://revistas.um.es/rie/article/viewFile/122371/114991>

Caballero Sahelices, C., Rodríguez Palmero, M.L. y Moreira, M.A. (2011). Aprendizaje significativo y desarrollo de competencias. *Revista Meaningful Learning Review* . 1(2):27-42. Recuperado 16 de julio de 2016 http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID9/v1_n2_a2011.pdf

Cabiscol, E. (2014). Oxidación celular y envejecimiento. Radicales libres: Dr. Jekyll y Mister Hyde. *Revista de divulgación científica* . Recuperado DOI: http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_RPC.2014. 20 de octubre de 2015.

Cabrera Castillo, H.G. (2015). Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en ciencias naturales. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* . 12(3):565-580. Recuperado 31 de agosto de 2017 de <http://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/viewFile/2943/2668>

Calero Pérez, M. (2015). *Aprender a aprender con excelencia: el Reto educativo del siglo XXI*. Ed. Alfaomega. México: 155pp.

Cárdenas-Rodríguez, N. y Pedraza-Chaverri, J. (2006). Especies reactivas de oxígeno y sistemas antioxidantes: aspectos básicos. *Educación Química*. Abril 17(2):164-173.

Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Aique. Argentina. 247pp.

Carrillo, M., Padilla, J., Rosero, T. y Villagómez, M.S. (2009). La motivación y el aprendizaje. *ALTERIDAD. Revista de Educación*. 4(2): 20-32. Consultado el 30 de marzo de 2018 en <http://www.redalyc.org/pdf/4677/467746249004.pdf>

Cascales, M. (2005). La paradoja de la aerobiosis ¿Por qué es tóxico el oxígeno? *Real Academia de Ciencias Veterinarias de España* . En Línea <http://www.racve.es/publicaciones/la-paradoja-de-la-aerobiosis/> recuperado el 5 de noviembre de 2014.

Castañeda, S. (1998). *Evaluación y fomento del desarrollo intelectual en la enseñanza de ciencias, artes y técnicas. Perspectiva internacional en el umbral del siglo XXI*. Colección Problemas Educativos en México. Fac. Psicología UNAM. México. 771 pp.

Cervantes, M. y Hernández, M. (2001). *Biología general. Bachillerato* . Publicaciones cultural. México: 526pp.

Céspedes Miranda, E., Rodríguez Capote, K., Llopiz Janer, N. y Cruz Martí, N. (2000). Un acercamiento a la teoría de los radicales libres y el estrés oxidativo

en el envejecimiento. *Revista. Cubana de Investigación Biomédica* 19(3):186-190. Recuperado el 10 febrero de 2015 de <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v19n3/ibi07300.pdf>

Comisión Europea. (2014). *La estructura de los sistemas educativos europeos 2014/15: Diagramas*. Consultado 30 de abril de 2017 en <https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/mwikis/eurydice/index.php/Publications#diagramas>

Cornejo, J.N. (2008). Una mujer en la ciencia argentina: Rebeca Gerschman. *Mora*. 14(2):136-143. Recuperado 12 de octubre de 2017. de <http://www.scielo.org.ar/pdf/mora/v14n2/v14n2a05.pdf>

_____ (2017). La Teoría de Gerschman: cuestiones históricas y epistemológicas. *Epistemología e Historia de la Ciencias*. 1(2): 18-42. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-001X2008000200005

Corrales M., Muñoz Araiza, M.M. (2012). Estrés oxidativo: origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. *Nova - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas* 10(18):213-225. Recuperado el 10 de julio de 2017 de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v10n18/v10n18a08.pdf>

Correa Arias, C., Rúa Vásquez, J.A. (2009). *El aprendizaje basado en problemas en la educación superior*. Medellín Colombia: 350pp.

De Erice, E. y González, A. (2012) *Biología. La ciencia de la vida*. 2ª Edición. Mc Graw Hill. México: 525pp.

De Vincenzi, A. y De Angelis, P. (2008). La evaluación de los aprendizajes de los alumnos. Orientaciones para el diseño de instrumentos de evaluación. *Revista de Educación y Desarrollo*. Abril-junio: 17-22.

Delgado Olivares, L., Betanzos Cabrera, G. y Sumaya Martínez, M.T. (2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y ciencia*. (50):10-15.

Díaz Barriga Arceo, F. y Hernández Rojas, G. (2002). *Estrategias docentes para un Aprendizaje Significativo. Una interpretación constructivista*. Mc Graw Hill. México.: 232pp.

_____. (2010). Los profesores ante las innovaciones curriculares. *Revista Iberoamericana de Educación Superior* 1(1):1-25.

Díaz-Acosta, A.E., Membrillo-Hernández, J. (2006). Consecuencias fisiológicas de la oxidación de proteínas por carbonilación en diversos sistemas biológicos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 33-44. Recuperado 17 de noviembre de 2017 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43290105>

Dueñas, R V.H. (2001). El aprendizaje basado en problemas como enfoque pedagógico en la educación en salud. *Colombia Médica* . 32: 489-196. Recuperado <http://www.redalyc.org/pdf/283/28332407.pdf> 10 de noviembre de 2015

Echeverría Pérez, P. y Gómez Sánchez, R. (2009) *Manual de aprendizaje basado en problemas: nuevas metodologías de aprendizaje en la convergencia europea*. Murcia España:605pp.

Echeverri-Ruiz, N.P. y Mockus-Sivickas, I. (2010). Mecanismos celulares en respuesta al estrés: sirtuinas. *Revista.Facultad de.Medicina* 58(3): 221-232.

Eggen, P.D. y Kauchak, D.P. (2014) *Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*. Fondo de Cultura Económica. México: 501pp.

ENCCH, Salinas Herrera, J. (2016). *Informe Gestión Directiva de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades*. UNAM. Recuperado de http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Informe_Gestion_Directiva_CCH_2016.pdf el 5 de septiembre de 2017.

Escribano, A. y Del Valle, A. (2008). *El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta metodológica en educación superior*. Narcea Ediciones. Madrid: 189pp.

Espíndola Castro, J.L. (2000). *Reingeniería educativa. El pensamiento crítico: cómo fomentarlo en los alumnos*. Ed. Pax. México: 302 pp.

Fernández-Jiménez, C., López-Justicia, M.D., Fernández, M. y Polo, M.T. (2014). Aplicación del aprendizaje basado en problemas para la formación de alumnado de educación en la atención a la discapacidad. *Revista de currículum y formación del profesorado* . 18(2): 335-352. Recuperado el 10 de septiembre de 2017. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56732350019>

Ferreiro, R.F. (2006). El reto de la educación del siglo XXI: la generación N. *Apertura*. 6(5): 72-85.

Gallego Badillo, R. (2013). *Competencias cognoscitivas. Un enfoque epistemológico, pedagógico y didáctico*. Magisterio Editorial. Colombia: 99 pp.

García Martínez, A. y Guerrero Proenza, R.S. (2011). *Aprendizaje basado en problemas, proyectos globales y web social*. I. CLACSO. Recuperado 18 de febrero de 2017. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Cuba/cepes-uh/20110614104218/aprendizajebasadoenproblemas.pdf>

Garita-Sánchez, G. (2001). Aprendizaje significativo: de la transformación en las concepciones acerca de las formas de interacción. *Revista de Ciencia y Sociales*. IV (94): 19-34. Recuperado el 10 de junio de 2017 de <http://www.redalyc.org/pdf/153/15309403.pdf>

Giordan, A., Raichvarg, D., Drouin, J.M., Gagliardi, R. y Canay, A.M. (1987). *Conceptos de biología. 1 La respiración. Los microbios. El ecosistema. La neurona*. Ed. Labor. Madrid: 261pp.

Goleman, D. (2000) *El espíritu creativo. La revolución de la creatividad y cómo aplicarla a todas las actividades humanas*. Ed. Vergara. Argentina: 201pp.

Gómez Esquer, F., Rivas Martínez, I., Mercado Romero, F. y Barjola Valero, P. (2009). Aplicación interdisciplinar del aprendizaje basado en problemas (ABP) en ciencias de la salud: una herramienta útil para el desarrollo de competencias profesionales. *Revista de Docencia Universitaria*. (4): 1-19. Disponible <http://revistas.um.es/redu/article/view/92291> http://www.um.es/ead/Red_U/4 20 de julio de 2017.

González Lomelí, D., Castañeda Figueiras, S., Maytorena Noriega, M.A. (2009). *Estrategias referidas al aprendizaje, la instrucción y la evaluación*. Pearson. México: 137pp.

_____ y Castañeda Figueiras, S. (2010). *Investigación e innovación educativa*. Cengage Learning. México: 191pp.

González-Hernando, C., Martín-Villamor, P.G., Souza-De Almeida, M., Martín-Durántez, N. y López-Portero, S. (2016). Ventajas e inconvenientes del aprendizaje basado en problemas percibidos por los estudiantes de Enfermería. *FEM*. 19 (1):47-53. Recuperado 19 de diciembre de 2017 de http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf

Gonzaga Martínez, W. (2005). Las estrategias didácticas en la formación de docentes de educación primaria. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*. Universidad de Costa Rica. 5 (1): 1-24.

Consultado el 20 de marzo de 2018 en <http://www.redalyc.org/pdf/447/44750103.pdf>

González-Torres, M.C., Betancourt-Rule, M. y Ortiz-Muñiz, R. (2000). Daño oxidativo y antioxidantes. *Bioquímica*: 25(1): 3-9. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57611797001> Consultado el 30 de octubre de 2017.

Granata, S., Dalla Gassa, A., Tomei, P., Lupo, A. and Zaza, G. (2015). Mitochondria: a new therapeutic target in chronic kidney disease. *Nutrition & Metabolism*. 12: 49. Recuperado 10 de noviembre de 2017 de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4660721/pdf/12986_2015_Article_44.pdf

Gutiérrez Ávila, J.H., de la Puente Alarcón, G., Martínez González, A.A., Piña Garza, E. (2012) *Aprendizaje basado en problemas. Un camino para aprender a aprender*. UNAM. Consultado 10 de septiembre de 2017 en https://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/libros/pdfs/librocch_abp.pdf

Hernández Rojas, G. (1998). *Paradigmas en psicología de la educación*. Paidós Educador. México: 267 pp.

Hernández-Saavedra, D. y McCord, J. (2007). Evolución y radicales libres. Importancia del estrés oxidativo en la patología humana. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*. 45(5): 477-484. Recuperado 24 de junio de 2016 de <http://www.redalyc.org/pdf/4577/457745529010.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. McGrawHill. México. 501pp.

Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). (2011). *La Educación Media Superior en México Informe 2010-2011*. México: 233 pp. Recuperado 23 de diciembre de 2017 de <http://publicaciones.inee.edu.mx/buscadorPub/P1/D/235/P1D235.pdf>

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) (2016) *El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica*. Recuperado de http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf 16 de mayo de 2016.

Jiménez, J.J., Lagos, G. y Jareño, F. (2013). El aprendizaje basado en problemas como instrumento potenciador de las competencias transversales. *Revista Electrónica sobre la enseñanza de la Economía Pública*. núm. 13: 44-

68. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4418516>
10 de enero de 2018.

Latasa, I., Lozano, P. y Ocerinjauregi, N. (2012). Aprendizaje Basado en Problemas en currículos tradicionales: beneficios e inconvenientes. *Formación Universitaria*. 5(5):15-26. Recuperado 28 de octubre de 2017 de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062012000500003

Leningher, I. (1970) *Principios de Bioquímica*. Omega. 5ª. Edición. México: 501pp.

Lermenda S. C. (2007). Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): Una experiencia pedagógica en medicina. REXE. *Revista de Estudios y Experimento en Educación*. (11):127-143. Recuperado 14 de abril de 2015 de <http://www.redalyc.org/pdf/2431/243117032008.pdf>

López Rúa, A.M., Tamayo Álzate, O.E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*. 8(1): 145-166. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134129256008> 8 de enero de 2018

Maldonado Saavedra, O., Jiménez Vázquez, E.N., Guapillo Vargas, M.R.B., Ceballos Reyes, G.M. y Méndez Bolaína, E. (2010). Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*. (jul-dic): 32-39. Recuperado 30 de junio de 2016 de https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol10_num2/articulos/radicales.pdf

Mendoza-Espinoza, H., Méndez-López, J.F., Torruco-García, U. (2012). Aprendizaje basado en problemas (ABP) en educación médica: sugerencias para ser un tutor efectivo. *Investigación en Educación Médica*. 1(4):235-327. Recuperado el 24 de julio de 2017 de http://riem.facmed.unam.mx/sites/all/archivos/V1Num04/11_PE_APRENDIZAJE_BASADO.PDF

Molina V. (2006). Currículo, competencias y noción de enseñanza-aprendizaje. Necesidad de una reformulación de nuestras concepciones sobre educación. *Revista PRELAC (Proyecto Regional de educación para América Latina y el Caribe)*. Dic (3): 50-63. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001516/151698s.pdf> Consultado 10 de agosto de 2017

Morales Bueno, P. y Landa Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*. 13: 145-157 Recuperado de 25 de mayo de 2015 <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v13/13.pdf>

Moreira, M.A. y Greca, I.M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciencia & Educacao*. 9(2): 301-315. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de <http://moreira.if.ufrgs.br/cambioconceptual.pdf>

Moreno Oliveros. T. (2012). La evaluación de competencias en educación. *Sinéctica*. (39):1-20 Recuperado 10 de julio de 2017 en <http://www.scielo.org.mx/pdf/sine/n39/n39a10.pdf>

Nason, A. (1998). *Biología*. Limusa Noriega Editores. México: 445pp.

Navarro Moreno, L.G., Ramírez Hernández, A. y Conde Acevedo, J. (2016). Oxígeno bueno, oxígeno malo y antioxidantes. *Rev. Ciencias*. abr-jun: 34_41. Recuperado 10 de octubre de 2016 de http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/67_2/PDF/OxigenoBueno.pdf

Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R. y Merino, C. Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación química*. 25(1):46-55 Recuperado 10 de octubre de 2017 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2014000100008

Osses Bustingorry, S. y Jaramillo Mora, S. (2008). Metacognición: Un camino para aprender a aprender. *Estudios Pedagógicos* 2008. XXXIV (1): 187-197. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052008000100011 Consultado el 18 de diciembre de 2017

Paredes Salido, F. y Roca Fernández, J.J. (2002). Influencia de los radicales libres en el envejecimiento celular. *OFFARM*. 21(7): 96-100 Disponible en <http://m.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-influencia-los-radicales-libres-el-13034834> Consultado el 14 de marzo de 2015

Pendyala, G., Thomas, B. y Kumari, S. (2008). The challenge of antioxidants to free radicals in periodontitis. *Journal. Indian Periodontol*. 12(3):79-83. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2813562/> 20 de octubre de 2017

Pérez Herrera, M.A. (2016). Currículo Transversal en la contemporaneidad. *Escenarios*. 14(1): 85-101. DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/esc.v14i1.881>

- Pérez Tornero, JM, y Tejedor, S. (2016) *Ideas para aprender a aprender . Manual de innovación educativa y tecnológica*. EDI. UAB. Barcelona. 342pp.
- Pimienta Prieto, J.H. (2007). *Metodología constructivista. Guía para la planeación docente*. 2ª. Edición. Pearson Educación. México: 162pp.
- Porlán, R., García, J.E., Cañal, P. Compiladores. (1997). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias. Colección Investigación y enseñanza. Serie Fundamentos 2*. Ed Diada. España: 201pp.
- Pozo, J.I., Scheuer, N., Pérez Echeverría, M.P, Mateos, M., Martín, E. y De la Cruz, M. (2006). *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje: las concepciones de profesores y alumnos*. Barcelona. Grao: 246pp.
- Pratt, Ch. y Cornely, K. (2012) *Bioquímica*. Manual Moderno. México: 310pp.
- Quesada Castillo, R. (2008). *Guía para evaluar el aprendizaje teórico o y práctico*. Limusa. México: 332pp.
- Quintanar Escorza, M.A. y Calderón Salinas, J.V. (2009). La capacidad antioxidante total. bases y aplicaciones. *Revista Educación Bioquímica* 28(3): 89-101. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/490/49016098004.pdf> el 20 de octubre de 2017.
- Ríos Muñoz, D.E. (2007). Sentido, criterios y utilidades de la evaluación del aprendizaje basado en problemas. *Educación Médica Superior* . 21(3):1-9. Disponible en http://bvs.sld.cu/revistas/ems/vol21_3_07/ems04307.html Consultado el 18 de julio de 2017.
- Rodríguez Perón, J.M., Menéndez López, J.R. y Trujillo López, Y. (2001). Radicales libres en la biomedicina y estrés oxidativo. *Revista Cubana Médica Militar*.30(1) 36-44. Recuperado el 24 de octubre de 2017. En http://www.bvs.sld.cu/revistas/mil/vol30_1_01/mil07100.pdf .
- Rodríguez, M.S.L. (2014). El aprendizaje basado en problemas para la educación médica: sus raíces epistemológicas y pedagógicas. *Revista Médica*. 22(2):32-36. Recuperado 6 de enero de 2018. En <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v22n2/v22n2a04.pdf> .
- Rosa Martínez, E.M. y Martínez Rubio, D. (2016). El impacto de los emoticonos en la actividad cerebral. *Ciencia Cognitiva*. 0 (2): 53-55 Recuperado de <http://medina-psicologia.ugr.es/~cienciacoognitiva/files/2016-14.pdf> 15 de octubre de 2017.

Saiz Sánchez, C. y Fernández Rivas, S. (2012). Pensamiento crítico y aprendizaje basado en problemas cotidianos. *Revista de Docencia Universitaria*. 10(3): 325-346. Recuperado 22 de diciembre de 2017. En <https://polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/6026/6091>.

Salas, S. (2014). *Estilos de aprendizaje a la luz de las neurociencias*. Nueva Editorial Iztaccihuatl. México: 542pp.

Saldaña Balmori, Y. (1998). *Sistemas antioxidantes*. Mensaje Bioquímico Vol. XXII. UNAM. 191-205.

Sánchez Martínez, S. (2015). La escritura de los jóvenes en los Chats en el siglo XXI. *Didáctica, Lengua y Literatura*. 27:183-196. Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/DIDA/article/viewFile/51298/47601> 20 de octubre de 2017.

Sánchez Sánchez, L.V. (2013). *Los modelos educativos en el mundo. Comparación y bases históricas para la construcción de nuevos modelos*. Trillas. México: 192pp.

Sarabia-Cadena, M.B., Hernández-Muñoz, A., Rangel-Peniche, B., García Obregón, O.P., Ferriz-Martínez, R. y García-Gasca, T. (2013). Antioxidantes, especies reactivas de oxígeno y cáncer: ¿El bueno, el malo y el feo? *Ciencias@UAQ*. 1-11 Recuperado 10 de septiembre de 2017 de http://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v6-n2/08Articulo.pdf.

Savery, J.R. and Duffy, T.M. (1995). Problem Based Learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35: 31-38. Recuperado 18 de noviembre de 2015. En <https://pdfs.semanticscholar.org/81c3/7150a25c264900556de63ba8f304967a4bd.pdf>.

Smallwood, G. y Green, H. (1976). *Biología*. Publicaciones cultural. México: 565pp.

Sombrado Fernández, L.M., Cauce Santalla, A.I. y Rial Sánchez, R. (2002). Las habilidades de aprendizaje y estudio en la educación secundaria: estrategias orientadoras de mejora. *Tendencias pedagógicas*. 7:155-176. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/496986.pdf> 18 de diciembre de 2017.

Starr, C., Taggart, R., Evers, Ch. and Starr, L. (2016). *Biology. The Unity and Diversity of Life*. 14 Ed. Cengage Learning. USA: 708pp.

StatSoft, Inc. (2007). *STATISTICA* (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com

Stengel, F.M. (2007). Envejecimiento cutáneo ¡La expectativa de vida no deja de aumentar... el envejecimiento cutáneo tampoco! *Arch Argent Dermatol.* 57 Sup (1): 1-17. Recuperado el 10 de agosto de 2017 de <http://www.archivosdermato.org.ar/Uploads/Supelemento%202007.pdf> .

UNESCO Santiago. (2014). “*Revisión Regional al 2015 de “Educación par a todos (EPT) en América Latina y el Caribe”*”. UNESCO. Recuperado de <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/pdf/Informe-Regional-EFA2015.pdf> 15 de noviembre de 2017.

University of Michigan. Environmental Health Fact sheet. What is oxidative stress? (2012) Disponible en <http://mleead.umich.edu/files/What-is-Oxidative-Stress.pdf> consultado el 15 de junio de 2016.

Urrutia Aguilar, M.E., Hamui-Sutton, A., Castañeda Figuerias, S., Fortoul van der Goes, T.I. y Guevara-Guzmán, T. (2011). Impacto del aprendizaje basado en problemas en los procesos cognitivos de los estudiantes de medicina. *Gaceta Médica de México.* 147:385-393.

Vargas, F., Rivas, C., Nursamaa, A. y Zoltan, T. (2007). Reacciones de radicales libres con relevancia biológica en la teoría del envejecimiento. *Avances en Química.* 2(2):3-15. Recuperado el 11 de septiembre de 2017. En <http://www.redalyc.org/pdf/933/93320202.pdf>.

Vasdev, S., Gill, V.D. and Singal, P.(2006). Modulation of oxidative stress-induced changes in hypertension and atherosclerosis by antioxidants. *Exp Clin Cardiol.* 11(3):206-216. Recuperado 10 de octubre de 2017 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2276159/> .

Villa Sánchez, A. y Poblete Ruíz, M. (2011). Evaluación de competencias genéricas: principios, oportunidades y limitaciones. *Bordón.* 63(1):147-170. Recuperado 28 de diciembre de 2017 de <https://www.upv.es/entidades/ICE/info/EvaluacionCompetenciasGenericas.pdf>

Vinayagam, R. and Xu, B. (2015). Antidiabetic Properties of dietary flavonoids: a cellular mechanism review. *Nutrition & Metabolism.* 12: 60 Recuperado de <https://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12986-015-0057-7?site=nutritionandmetabolism.biomedcentral.com> 15 de noviembre de 2017.

Zarzar Charur, C. (2000). *Habilidades básicas para la docencia* . Grupo Patria cultural. México. 147pp.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS

CCH. Portal del Colegio de Ciencias y Humanidades (2017). Universidad Nacional Autónoma de México. México. <http://www.cch.unam.mx>

CEPAL. Comisión económica para América Latina y el Caribe. (2017). Naciones Unidas. Santiago de Chile. <https://www.cepal.org>

DGB. Dirección General de Bibliotecas (2017-2018) Universidad Nacional Autónoma de México. <http://dgb.unam.mx/>

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www.inegi.org.mx/>

INEE. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2013) <http://www.inee.edu.mx/>

OCDE. Organización para la Economía Desarrollo y Cooperatividad. (2017). <http://www.oecd.org/>

OEI. Organización de Estados Iberoamericanos <http://www.oei.es>

OMS. Organización Mundial de la Salud. (2017) <http://www.who.int/es/>

SEP. Secretaria de Educación Pública. <https://www.gob.mx/sep>

SEMS. Subsecretaria de Educación Media Superior. <http://www.sems.gob.mx/>

REA. Real Academia Española. (2018) <http://www.rae.es/>

UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://es.unesco.org/>

APÉNDICE I. Numeralia CCH plantel Azcapotzalco

En un ejercicio realizado en noviembre del 2015 (semestre 2016-1 lectivo) durante la práctica docente I, se encuestaron a cincuenta estudiantes al azar del plantel CCH Azcapotzalco turno vespertino, para conocer aspectos generales socio-económicos y materias con mayor número de reprobación mediante un cuestionario cerrado de cinco preguntas (Anexo A) que de forma libre y solicitando previamente su participación para responder datos generales entre los que se dieron edad, semestre en curso y asignaturas reprobadas, arrojaron los resultados presentados en el cuadro A en cuanto aspectos socioeconómicos y de interés.

Los encuestados fueron ubicados en los espacios abiertos de jardines del plantel, por lo cual se encontraban fuera de alguna clase

CUADRO A. Resultados socioeconómicos y de interés aplicado a estudiantes CCH Azcapotzalco (noviembre, 2015)

- Datos generales
- n= 50 estudiantes
- Se entrevistaron en proporción 1:1 por sexo.
- Alumnos por semestre entrevistados

Semestre	1°	3°	5°
Porcentaje	20%	30%	50%

- Rango de edad 15 a 19 años
- 7 de cada 10 alumnos vive con sus padres y en casa propia.
- 55% de los padres tiene estudios de nivel superior y sólo un 10% de ellos cursó hasta nivel básico o un posgrado.
- Elección de área propedéutica de los entrevistados

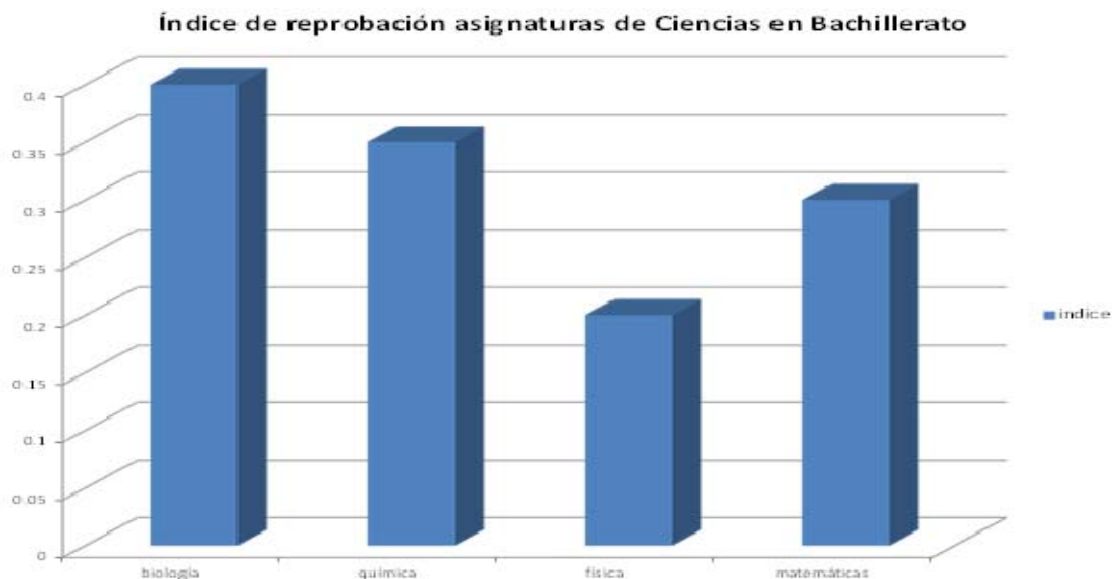
Físico-Matemáticas	Químico-Biológicas	Económico-Administrativas	Humanidades	Sin definir
10%	55%	5%	20%	10%



Como se aprecia en el cuadro A, la proporción de género inscrito se mantiene 1:1, son dependientes directos de sus padres y el interés académico está orientado al área de ciencias.

De la entrevista, se genera la Gráfica 1 sobre el índice de materias no acreditadas, se identificó que el mayor número se dio en las asignaturas de biología y química. Lo anterior puede estar asociado a que en el turno vespertino los estudiantes, evitan ingresar a las clases experimentales en muchos de los casos. Datos del informe ENGCCH (2016), se presentan globales e incluye los resultados posteriores a la implementación de los

programas de asesorías y recuperación académica implementadas en el año 2016 (equivalente al ciclo lectivo 2017-1); por lo que se puede considerar como positivo a la recuperación y retención de la matrícula para el caso de biología. Para las asignaturas de química y matemáticas siguen siendo consistentes de acuerdo al informe.



Gráfica 1. Índice de reprobación en asignaturas de ciencias de I CCH plan tel Azcapotzalco en el semestre 2016-1.

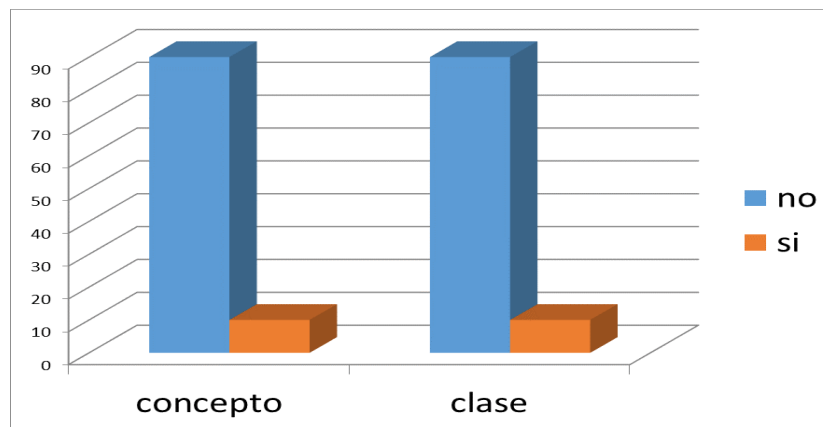
El mayor número de encuestados correspondía a los alumnos de quinto semestre, quienes ya están en el área de elección formativa para la conclusión del bachillerato, lo cual, también puede estar asociado al número de veces que recursan y no acreditan alguna de las asignaturas de ciencias.

APÉNDICE II. ESTUDIO PILOTO SOBRE EL CONOCIMIENTO DEL CONCEPTO RADICALES LIBRES

BRE EL CONOCIMIENTO DEL

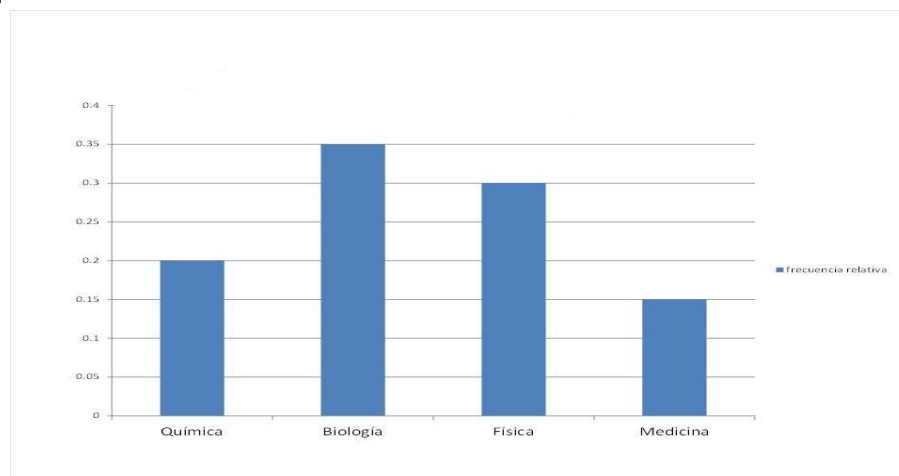
Resultados obtenidos sobre el dominio del tema, ya sea por conocimiento propio o en clase, la asociación con asignaturas y la implicación con temas en biología, realizado en noviembre de 2015, (Anexo A).

En la gráfica 1 se aprecia que menos del 10 por ciento de los encuestados identifica el concepto o ha escuchado sobre el término RL, y muy poco es mencionado durante alguna clase de cualquier asignatura.



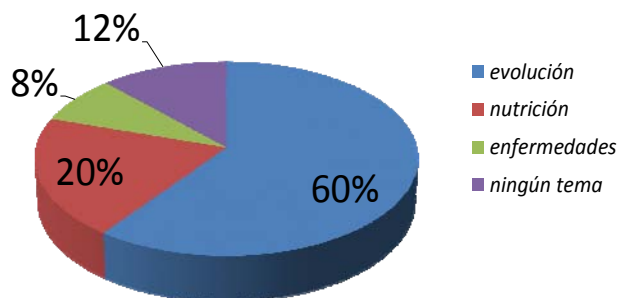
Gráfica 1. Comparación del conocimiento del concepto RL y su abordaje en alguna clase en el bachillerato.

En cuanto a la idea que tienen los estudiantes sobre, ¿En cuáles asignaturas se estudian los RL? La mayoría coincide que es un concepto de biología y en segundo lugar de física, aunque no tienen una noción real de ¿por qué? (gráfica 2).



Gráfica 2. Frecuencia relativa sobre asignaturas donde se estudian los RL

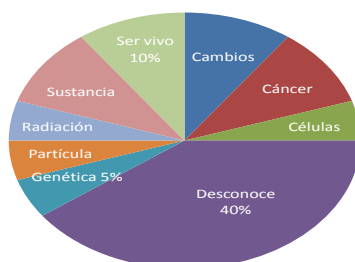
Al preguntar a los estudiantes, en qué tópico de biología podrían estar implicados los RL, consideran que, en primer lugar, pueden estar relacionados con aspectos de evolución (60%) y después nutrición (20%) como se aprecia en la gráfica 3. Esto no necesariamente puede ser visto sobre el conocimiento del tema, sino que mucho de lo que se les menciona en las clases de biología es sobre la evolución de los seres vivos y a eso lo adjudican.



Gráfica 3. Tópico de biología en relación a la importancia del tema RL

Finalmente, si las ideas alternativas o *misconceptions*, son importantes como referente en la formación de conocimientos, al preguntar a los entrevistados sobre las palabras que asocian o tienen que ver con la formación de RL, la mayoría desconoce que son, lo cual puede ser aceptable si no manejan el concepto como se analizó en la gráfica 1; sin embargo, es interesante rescatar que, entre las palabras que algunos de los encuestados citan son; evolución, cambios, genética, radiación y cáncer, que tienen fundamento con la relación de la acción de los RL a nivel celular (gráfica 4).

Conceptos alternativos



Gráfica 4. Misconceptions de los estudiantes de bachillerato en relación a RL

ANEXO A



**COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL AZCAPOTZALCO**
Evaluación Tema Radicales Libres
Campo de conocimiento Biología
Maestrante: Isabel Mejía Luna

CUESTIONARIO BREVE DE PILOTAJE PARA EVALUAR LA PERTINENCIA DEL TEMA RADICALES LIBRES

El presente cuestionario es con fines únicamente exploratorios para conocer los intereses posibles en un nuevo tema a implementar en los bachilleratos.

A continuación se solicita respuestas de forma breve el siguiente cuestionario marcando con "x" el caso que sea más congruente con tu situación y en aquellos espacios que tengan una línea anota la información solicitada.

I. Aspectos socio-demográficos de los estudiantes del colegio de Ciencias y Humanidades plantel Azcapotzalco.

Edad _____ Semestre _____ Sexo F () M ()

Área de interés en estudios profesionales _____

Vive con: padre () familiar cercano () amistades () otro ()

Vive en: casa propia () renta ()

La casa que habitas cuenta con todos los servicios. Sí () No ()

Nivel de estudios de los padres: básico () medio superior () Superior () Posgrado ()

Has recursado alguna de las siguientes asignaturas en el bachillerato (puedes marcar más de una):

Biología () Química () Física () Matemáticas ()

II. Acerca del tema radicales libres.

1. Sabes ¿qué es un radical libre? Sí () No ()

2. Al relacionar la palabra o concepto de radicales libres, piensas que se estudia en:

química () biología () física () medicina ()

3. En el bachillerato, algún profesor ha hablado sobre la importancia de los radicales libres. Sí () No ()

4. Consideras que el tema es relevante, actualmente para explicar en las clases de biología en: evolución () enfermedades () nutrición () d) ningún tema

5. Escribe la primera palabra que asocies con radicales libres _____.

Gracias por tu participación.

ANEXO B



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL AZCAPOTZALCO BIOLOGÍA I

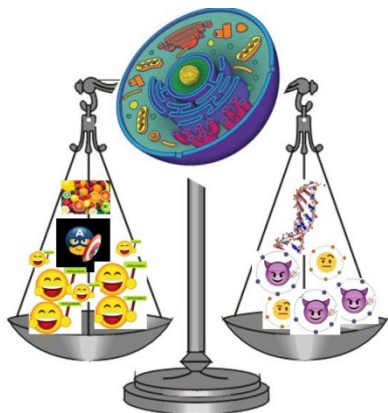


TEMA: RADICALES LIBRES Y ENVEJECIMIENTO CELULAR
Maestrante Isabel Mejía Luna

UN EXPERIENCIA VITALIZANTE PROTOCOLO EXPERIMENTAL

INTRODUCCIÓN

Las células del cuerpo se enfrentan a amenazas todos los días. Algunos daños han sido relacionados por la infección con virus, bacterias o inflamaciones en las que participan los radicales libres (RL).



Los RL afectan a las células dañando a las biomoléculas como los lípidos y el ADN principalmente. Algunas células pueden recuperarse de los daños, mientras que otras no. Ello ha llevado a pensar que los RL contribuyen con el envejecimiento celular, o bien al desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas como el cáncer, diabetes, afectaciones de tipo cardiovascular e incluso Alzheimer y Parkinson.

Los antioxidantes son sustancias químicas que ayudan a detener o limitar el daño causado ante el aumento de los radicales libres a nivel intracelular, pues pueden proteger y revertir algunos de los daños y favorecer los proceso de inmunidad.

Fig. 1. Equilibrio bioquímico celular entre antioxidantes y radicales libres.

Los antioxidantes se encuentran en muchos alimentos, incluyendo frutas y verduras. También se encuentran disponibles como suplementos dietéticos o con algunos fármacos adicionados. Ejemplos de antioxidantes presentes en alimentos son los beta carotenos, la luteína, el licopeno, el selenio y las vitaminas A, C y E presentes en frutos rojos, amarillos y verdes.

Objetivo: El alumno identificará el poder antioxidante presente en algunas vitaminas y alimentos sobre un sustrato de carbohidratos.

HIPÓTESIS: El equipo elaborará una propuesta antes de la experiencia práctica.

METODOLOGÍA

MATERIAL	REACTIVOS O SUSTANCIAS
4 vasos de precipitado de 100 mL	Tintura de yodo comercial
1 probeta de 100 mL	Semillas de arroz crudo
1 varilla de vidrio	Jugo de 2 naranjas
2 frascos gerber limpios con tapa	Jugo de 2 limones
1 cronometro con milisegundos	Té helado o alimento que indique tener efecto antioxidante
1 cinta para etiquetar (maskin tape)	1 pastilla de cevalin o complemento de vitamina C
	1 pastilla de redoxón.

NOTA:

El té deberá de ser preparado antes de la práctica de acuerdo a media taza de agua hervida por 1 min y medio y una bolsita.

Anotar los componentes que contienen y la cantidad de envase:

- El té
- El complemento de vitamina C
- El redoxón

PROCEDIMIENTO

- Etiquetar cada uno de los vasos de precipitado como indica en la tabla 1.
- Colocar una cucharadita de los granos de arroz a cada uno de los vasos de precipitado y/o frascos como se indica en la tabla 1.
- Tomar una cucharadita de la tintura de yodo y adicionar en cada vaso o frasco sobre los granos de arroz. Mezclar con el agitador y anotar que ocurre.
- Adicionar 50 ml de agua a los vasos de precipitado marcados con los números 0, 1 y 2 y agitar. Anota que color presenta.
- Adicionar media tableta de Cevalin o su equivalente a 500 mg en el vaso de precipitado 1 y agitar. Con un cronometro tomar el tiempo desde que adicionas la tableta y observar que ocurre.
- Adicionar media tableta de redoxon o su equivalente a 500 mg en el vaso de precipitado 2 y agitar. Tomar el tiempo con un cronometro y observar que ocurre.
- Adicionar 20 ml de agua a los frascos marcados con los números, 3 y 4 respectivamente.
- Adicionar aproximadamente 30 ml de jugo de limón al vaso 3. Agitar y cronometrar el tiempo hasta que se presente algún cambio sobre los arroces detener el cronometro.
- Repetir el paso 8 en el vaso marcado como 4 pero ahora con 30 ml de jugo de naranja Agitar y tomar el tiempo hasta que se presente algún cambio.

10. Adicionar 50 ml de té frío al vaso de precipitado marcado con el número 5 y agitar. Cronometrar el tiempo y detener hasta que haya un cambio de coloración en los arroces.
11. Si al concluir el tiempo de clase no hay cambio de coloración en alguno de los vasos o frascos, tapa y sigue observando cada hora, por un lapso no mayor de 24 horas para ver si hay cambios o no.

Tabla. 1. Diseño experimental de la función antioxidante

	Blanco (0)	Control (1)	Redoxón (2)	Jugo limón (3)	Jugo naranja (4)	Té comercial (5)
Experimento	Arroz + agua	Arroz +agua +cevalín	Arroz + agua+ redoxón	Arroz+ agua+ jugo	Arroz+ agua+ jugo	Arroz+té
Tiempo						
Observación						

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- I. **Confronta tu hipótesis con el resultado obtenido, se cumplió o no. Explica ampliamente.**

II. A continuación se presentan unas preguntas que ayudarán a tu análisis experimental.

1. El color oscuro que toma el arroz nos indica que contiene _____ como parte de sus biomoléculas estructurales.
2. El vaso identificado como cero (0), explica ¿Cuál es su importancia para comparar los resultados?
3. ¿En cuál de los vasos se regresó a su condición original? ¿A qué adjudicas esa situación?
4. ¿Cómo crees que es el efecto antioxidante de los distintos sustratos que se probaron?
5. ¿Consideras relevante el tipo de antioxidante para evitar la formación de RL? Argumenta tu respuesta.
6. Ingresa algunas fotografías que ilustren tu experiencia vitalizante y anota un pie de figura.

CONCLUSIÓN

Elabora con tu equipo una conclusión sobre la experiencia antioxidante.

Bibliografía:

Para el reporte del trabajo se adjunta la rúbrica de evaluación (Formato 6)

ANEXO C

Baremo general abreviado de preferencia en estilos de aprendizaje del inventario CHAEA.

La información que se obtiene de la evaluación de 80 ítems, se considera relativa, ya que no tiene el mismo significado entre un estilo y otro.

Para su interpretación se agrupan los puntajes globales de acuerdo a la siguiente escala:

Preferencia muy alta:	10% de las personas que aplican.
Preferencia alta:	20% de las personas que aplican.
Preferencia moderada:	40% de las personas que aplican.
Preferencia baja:	20% de las personas que aplican.
Preferencia muy baja:	10% de las personas que aplican.

El valor de puntos obtenidos y agrupados para cada preferencia se presenta en la Tabla

Aprendizaje Estilo	PREFERENCIA				
	Muy baja 10%	Baja 20%	Moderada 40%	Alta 20%	Muy alta 10%
Activo	0-6	7- 8	9-12	13-14	15-20
Reflexivo	0-10	11-13	14-17	18-19	20
Teórico	0- 6	7- 9	10-13	14-15	16-20
Pragmático	0- 8	9- 10	11- 13	14-15	16-20

ANEXO D

Libros de texto que incluyen el concepto radicales libres

No.	AUTOR(ES)	AÑO	TÍTULO	EDITORIAL	PAÍS	CAPÍTULO
1	Burke, JD.	1971	Biología celular	Interamericana	México	Biología de la irradiación celular
2	Karp, G.	1987	Biología celular	2a. Ed. McGrawHill	México	Cáncer y envejecimiento
3	Darnell, J. Lodish, H y Baltimore, D.	1988	Biología celular y molecular	Labor	New York	La radiación y la reparación del DNA en la carcinogénesis
4	Smith and Wood	1992	Cell biology	2sd Edition. Chapman & Hall	London	Animal hormones and local mediators
5	Jiménez, LF. Merchant, H.	2003	Biología celular y molecular	Pearson Educación	México	Muerte celular programada
6	Curtis, H. Barnes, S. Schnek, A. Flores, G	2006	Invitación a la Biología	6a. Ed. Médica Panamericana	Buenos Aires	La digestión. Los antioxidantes y contaminantes
7	Jiménez, LF. (Coordinador)	2006	Conocimientos fundamentales de Biología. Vol. I	Pearson Educación. UNAM	México	Biología molecular
8	Paniagua, R. Nistal, M. Álvarez-Uría, M. Fraile, B. Anadón, R. Sáez, F.	2007	Biología celular	3a. Ed. McGrawhill-Interamericana	México	Ciclo vital de la célula. Envejecimiento celular
9	Watson, J. Baker, T. Bell, S. Gann, A. Levine, M. Losick, R.	2008	Biología molecular del Gen	5a. Ed. Médica Panamericana	Buenos Aires	Lesión del DNA
10	Alberts, B. Hopkin, K. Bray, D. Johnson, A. Lewis, J. Raff, M. Roberts, L. Walter, P	2011	Introducción a la biología celular	Médica Panamericana	Buenos Aires	Las moléculas de la vida
11	Karp, G.	2011	Biología celular y molecular. Conceptos y experimentos	6a. Ed. McGrawHill	México	Las bases químicas de la vida. Subtema Perspectiva humana.
12	Audesirk, T. Audesirk, G. Byers, B.	2012	Biología. La vida en la Tierra	Pearson Educación	México	Átomos, moléculas y vida
13	Starr, C. Taggart, R. Starr, L.	2012	Biología: La unidad y la diversidad de la vida	8a. Ed. Cengage Learning	México	Las moléculas de la vida
14	Alberts, B. Johnson, A. Lewis, J. Morgan, D. Raff, M. Roberts, K. Walter, P.	2015	Molecular biology of the cell	6a. Garland Science	USA	Cancer-critical genes: How they are found and what they do

**COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
 PLANTEL AZCAPOTZALCO**
Evaluación Tema Radicales Libres
 Campo de conocimiento Biología
 Maestrante: Isabel Mejía Luna

ANEXO E

LISTA DE COTEJO

AUTOEVALUACION Y HETEROEVALUACIÓN

Indicadores de competencias genéricas por alumno ante el trabajo con ABP y sin ABP

Alumno _____ Grupo _____ Fecha aplicación _____

INSTRUCCIONES: A continuación anota en la columna indicada como criterio I si es autoevaluación ó II (evaluación del docente). En una escala del 5 al 1 valora la competencia desarrollada y anota en el cuadro. Donde 5 es siempre y 1 casi nunca.

	Competencia	Descripción del Indicador	Criterio
PROCEDIMENTAL	Organización y planificación	1.Cumple plazos de entrega de trabajo y actividades	
		2.Planifica previamente el tema en estudio	
		3.Se compromete con las actividades asignadas	
		4.Asiste a la sesión de clase puntualmente	
ACTITUDINAL PROCEDIMENTAL	Trabajo colaborativo	5.Valora la opinión de sus compañeros	
		6.Trabaja con los compañeros de forma colaborativa	
		7.Comparte información relevante con sus compañeros de equipo	
		8.Asume roles de liderazgo	
ACTITUDINAL	Reconoce y respeta la diversidad	9.Es empático con el trabajo de los otros	
		10.Comprende las dificultades del tema para otros compañeros	
		11.Muestra sensibilidad sobre lo que expresan otros compañeros	
DECLARATIVA PROCEDIMENTAL	Comunicación oral y escrita	12.Trasmite ideas de forma clara y organizada	
		13.Expresa de forma oral y escrita correcta el tema	
		14.Expone de forma creativa su investigación	
		15.Utiliza las tecnologías de Información y comunicación eficientemente	
ACTITUDINAL DECLARATIVA	Habilidades interpersonales	16.Escucha con atención a los demás	
		17.Observa a sus interlocutores a la vez que interactúa con ellos.	
		18.Habla con un tono de voz adecuado y seguro	
DECLARATIVA ACTITUDINAL	Aplicación a su entorno	19.Propone ideas de mejora para la sociedad en relación al tema	
		20.Propone acciones concretas sobre la aplicación del tema para un bien común.	

Puntuación según escala Likert:

- 5 = siempre
- 4= generalmente
- 3= casi siempre
- 2= poco
- 1= casi nunca

Criterio

- I= autoevaluación (alumno)
- II= heteroevaluación (docente)

ANEXO F



**COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL AZCAPOTZALCO**
Evaluación Tema Radicales Libres
Campo de conocimiento Biología
Maestrante: Isabel Mejía Luna

COEVALUACIÓN

Nombre del equipo _____

Problema a resolver

Instrucciones: Evalúa al equipo asignado de acuerdo al criterio que se enlista a continuación tomando en cuenta la siguiente escala:

1= no logrado

2= medianamente logrado

3= logrado

CRITERIO A EVALUAR	ESCALA
El problema fue definido claramente por el equipo	
El equipo baso su investigación en el problema propuesto	
Todos los miembros del equipo entendieron y comprendieron el problema a resolver	
La presentación de su investigación apor to infor mación nueva y relevante	

Anota los contenidos o información que aprendiste al escuchar la presentación del equipo.

Anota por lo menos tres preguntas que te quedaron después de escuchar la presentación.

Número del equipo evaluador _____

Fecha _____

Firma _____

ANEXO G



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL AZCAPOTZALCO

Campo de Conocimiento Biología
Cuestionario: Tema radicales libres

Maestrante Isabel Mejía Luna



Grupo _____ No. Lista _____ Fecha _____ Obs. PRE-TEST / POS-TEST

El siguiente cuestionario tiene el propósito de conocer información relacionada con el tema de "radicales libres" en los estudiantes del bachillerato mexicano. Por tal motivo, tu participación y respuesta lo más sincera posible ayudará a determinar la importancia en el tema en las asignaturas que cursas en la institución.

El cuestionario está diseñado para que lo respondas en un tiempo máximo de 15 minutos, así que si no conoces la información puedes dejarla en blanco o anotar no sé.

Para identificar tu participación, por favor anota el número de lista que te fue asignado previamente.

No hay respuestas correctas ni incorrectas, ya que todas son relevantes e importantes para conocer tu interés en el tema. Los datos obtenidos serán utilizados como parte del trabajo de tesis de maestría.

Lee las instrucciones cuidadosamente, ya que cada apartado presenta una instrucción particular.

Muchas gracias por tu colaboración.

I. INSTRUCCIONES: De los siguientes enunciados, encierra la opción que más se acerque a tu concepción de lo que es un radical libre.

- a) Los radicales libres son personas cuyas ideas contrastan completamente con la de los demás y no tienen una filiación política ni ideológica.
- b) Los radicales libres son estructuras químicas, donde los átomos se encuentran desapareados y se convierten en altamente reactivos.
- c) Los radicales libres son equipos deportivos que basan sus estrategias improvisando durante un juego específico.
- d) Los radicales libres son interacciones biológicas que se presentan en las células durante el proceso evolutivo.

II. INSTRUCCIONES: Contesta a las siguientes preguntas abiertas de acuerdo a la información que tengas.

- 1. ¿Qué entiendes por oxidación?
- 2. ¿En qué etapas se divide la respiración celular?
- 3. ¿Cómo se forman los radicales libres en la célula?
- 4. ¿Cuáles son las consecuencias por exposición a estrés oxidativo en las células?
- 5. ¿Cómo se puede prevenir el envejecimiento celular?

ANEXO H



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL AZCAPOTZALCO

Campo de Conocimiento Biología

Cuestionario de complementación: tema radicales libres

Maestrante Isabel Mejía Luna

Grupo _____ No. Lista _____ Fecha _____ Obs. _____



El siguiente cuestionario tiene el propósito de conocer la información asimilada del tema "radicales libres" durante la implementación de la estrategia con ABP y Sin ABP. El cuestionario está diseñado para que lo respondas en un tiempo máximo de 15 minutos. Para identificar tu participación, por favor anota el número de lista que te fue asignado previamente.

INSTRUCCIONES: Completa las siguientes oraciones de acuerdo a las palabras claves.

oxidación, alimentación, biomoléculas, radiaciones, lípidos, iónicos, neutras, antioxidantes, mitocondria, energía, serie, lisosomas, alteración, envejecimiento, covalentes, daño, contaminantes, ión, bioquímica, electrón, reducción.

1. Los enlaces químicos que pueden presentar los átomos entre sí se clasifican en enlaces _____ si ceden o ganan electrones y en enlaces _____ si comparten pares de electrones.
2. Los compuestos químicos se establecen cuando sus cargas son _____ al completarse su último nivel de energía.
3. Si una molécula o elemento queda con una carga se denomina _____ y pueden ser positivos o negativos.
4. Cuando un compuesto queda con un _____ desapareado, forma la entidad química denominada radical libre.
5. Cuando en una reacción química se pierden electrones significa que se está llevando a cabo _____, mientras que si se ganan electrones significa que se está llevando a cabo _____ en todo el sistema.
6. La respiración celular implica una _____ de pasos donde participan reacciones _____ para la obtención _____ y principalmente se realiza en la estructura intracelular conocida como _____.
7. Cuando hay un _____, las células son más susceptibles de presentar _____ en distintas estructuras del cuerpo.
8. El _____ celular se asocia con daño a nivel de algunas _____ presentes en membranas y en el núcleo.
9. Los agentes asociados a la formación de radicales libres pueden ser _____ y _____ entre otros.
10. Para prevenir la formación de radicales libres es recomendable una _____ rica en _____ como los frutos rojos, ejercicio y estilos de vida saludable.

ANEXO I



**COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL AZCAPOTZALCO**
Evaluación Tema Radicales Libres
Campo de conocimiento Biología
Maestrante: Isabel Mejía Luna

ENSAYO: _____ No. _____

INSTRUCCIONES: Redacta un ensayo con la extensión máxima de dos cuartillas, donde expongas lo relevante del tema de radicales libres y sus efectos sobre la salud humana; a partir de dar respuesta al cuestionamiento *¿Me estoy oxidando y no me doy cuenta?*

Recuerda justificar tu propuesta con la información que fue compartida durante el ABP.

ANEXO J



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL AZCAPOTZALCO BIOLOGÍA I



TEMA: RADICALES LIBRES Y ENVEJECIMIENTO CELULAR

Maestrante Isabel Mejía Luna

UN EXPERIENCIA VITALIZANTE

RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD PRÁCTICA

Equipo: _____ Fecha : _____ Calif _____

INSTRUCCIONES: A continuación se muestran los puntos a valor sobre el trabajo en laboratorio y el reporte escrito de la práctica núm. _____. La ponderación máxima es 10 y mínima 2.5. Marcar con “X” el aspecto que cubre el desempeño.

ASPECTO	MUY BUENO (2.0)	BUENO (1.5)	SUFICIENTE (1.0)	INSUFICIENTE (0.5)	RETROALIMENTACIÓN
Actividad experimental en laboratorio	El equipo trabaja de forma ordenada, colaborativa y obtiene resultados de forma experimental.	El equipo trabaja de forma colaborativa y obtiene parcialmente resultados de forma experimental.	El equipo trabaja de forma colaborativa y no concluye la parte experimental.	El equipo no trabaja de forma colaborativa hay fallas en los resultados obtenidos.	
Procedimiento	El equipo lleva a cabo el montaje del diseño experimental de forma correcta y adecuada.	El equipo lleva a cabo el montaje del diseño experimental de forma adecuada.	El equipo presenta leves fallas durante el montaje experimental.	El equipo no realiza el montaje experimental.	
Actitudinal	El equipo se compromete y demuestra haber leído previamente los procedimientos.	El equipo demuestra haber leído previamente los procedimientos pero no les son claros.	El equipo se compromete pero no demuestra haber leído previamente los procedimientos.	El equipo no muestra compromiso ni conocimiento de los procedimientos a realizar.	
Materiales	Todos los integrantes del equipo asumieron el compromiso con el material solicitado.	Algunos integrantes del equipo asumieron el compromiso con el material solicitado.	Sólo un integrante del equipo asumió el compromiso con el material solicitado.	Ningún integrante del equipo trajo el material solicitado.	
Reporte escrito de la práctica	El reporte incluye portada, introducción, el objetivo, la hipótesis, el análisis y la conclusión. Cuenta con bibliografía. Utilizando herramientas de TIC's y cumpliendo las reglas ortográficas y de redacción	El reporte incluye algunos de los siguientes elementos: portada, introducción, el objetivo, la hipótesis, el análisis y la conclusión con bibliografía. Utilizando herramientas de TIC's y cumpliendo las reglas de redacción pero no ortográficas.	El reporte incluye algunos de los siguientes elementos: portada, introducción, el objetivo, la hipótesis, el análisis y la conclusión con bibliografía. Pero no demuestra uso de las TIC's y presenta fallas en redacción y reglas ortográficas.	El reporte no incluye algunos de los siguientes elementos: portada, introducción, el objetivo especialmente la hipótesis, análisis y conclusión. Presenta debilidades en el uso de las TIC's y errores consistentes en redacción y reglas ortográficas	
Puntaje					TOTAL _____ (Sumatoria de los puntos acumulados de acuerdo a la ponderación de la columna)

**COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL AZCAPOTZALCO**
Evaluación Tema Radicales Libres
Campo de conocimiento Biología
Maestrante: Isabel Mejía Luna

ANEXO K

ASIGNATURA _____ ALUMNO No. _____ FECHA _____

CUESTIONARIO SOBRE VALORACION ABP COMPARATIVAMENTE CON LA METODOLOGÍA TRADICIONAL

Item	INSTRUCCIONES: Marca con una "X" el criterio que responde a la afirmación de acuerdo a tu percepción del trabajo realizado.	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	Comprendo mejor la información con el ABP que utilizando la metodología tradicional	()	()	()	()	()
2	Aprendo más y mejor con la técnica del ABP	()	()	()	()	()
3	Las sesiones de clase resultan más interesantes con la metodología del ABP	()	()	()	()	()
4	Esta metodología aumenta mi motivación por aprender e investigar.	()	()	()	()	()
5	Me gustaría que se utilizará esta metodología en el resto de la asignatura.	()	()	()	()	()
6	El ABP resulta más útil para mi formación.	()	()	()	()	()
7	El ABP me prepara mejor para mi interés profesional.	()	()	()	()	()
8	El ABP aumenta mi motivación para asistir a las sesiones de clase	()	()	()	()	()
9	El grado de satisfacción con el uso del ABP es alto.	()	()	()	()	()
10	El tema de radicales libres y envejecimiento celular me fue interesante.	()	()	()	()	()
11	La investigación realizada permite profundizar más el tema de radicales libres	()	()	()	()	()
12	El problema planteado me es útil en mi contexto personal y social.	()	()	()	()	()
13	El/la profesor(a) muestra interés en lo que aportó.	()	()	()	()	()
14	El/la profesor(a) crea un ambiente adecuado para debatir.	()	()	()	()	()
15	El/la profesor(a) escucha y responde adecuadamente a mis problemas y dudas.	()	()	()	()	()
16	El/la profesor(a) admite los conocimientos que no sabe	()	()	()	()	()
17	El/la profesor(a) ayuda al grupo a identificar información relevante para el tema.	()	()	()	()	()
18	El/la profesor(a) plantea nuevas preguntas que estimulen el pensamiento y análisis sobre los problemas.	()	()	()	()	()
19	El/la profesor(a) se muestra cercano(a) y amigable y promueve confianza.	()	()	()	()	()
20	El/la profesor(a) provee comentarios constructivos acerca de la información presentada.	()	()	()	()	()

Anota un comentario o sugerencia para el trabajo con el Aprendizaje Basado en Problemas