UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diseño de una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de la respiración celular

CESAR CAMILO MONGUÍ AVILA

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Maestría en Enseñanza de Ciencias Exactas y Naturales
Bogotá, Colombia
2014

Diseño de una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de la respiración celular

Cesar Camilo Monguí Ávila

Trabajo final, presentado como requisito para optar al título de:

Magister en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Biólogo, M.Sc. Fisiología de Cultivos, Ph.D. Sistemática Vegetal

Xavier Marquínez Casas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de Ciencias Exactas Y Naturales

Bogotá, Colombia

2014

“A mis padres y hermanos incansables trabajadores que han dado siempre su apoyo incondicional”.

Sensibilidad

¿Cómo puedo yo experimentar mi unidad con la creación?

“Escuchando” respondió el Maestro

¿Y cómo he de escuchar?

“Siendo un oído que presta atención a las más mínimas cosas que el universo no deja nunca de decir. En el momento que oigas algo que tú mismo estás diciendo, detente”.

Agradecimientos

A DIOS por darme la capacidad de afrontar tantas pruebas en los dos últimos años y aun así llegar a terminar el presente trabajo.

Agradezco al profesor Xavier Marquínez Casas que gracias a sus clases y explicaciones sembró curiosidad y desarrollo creatividad para formular y llevar a buen término el presente trabajo.

A Katherine Santander compañera de clases y amiga que estuvo en todo momento como un apoyo silencioso.

A mi familia que apoyo este trabajo desde el principio.

Al rector del colegio Ciudadela Educativa Efraín Morales de Bosa por la información suministrada y la aplicaciones de encuestas a estudiantes y docentes

A Liliana Cáceres por su colaboración en el diseño de la moneda energética en su camino en hacerlo realidad.

Resumen

El presente trabajo plantea el diseño de una herramienta didáctica que ayude en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la respiración celular, la cual está dirigida a estudiantes de grado sexto del colegio Ciudadela Educativa de Bosa. Como parte del diseño de la herramienta se realizaron encuestas a 59 estudiantes de 6° y 10° y a 12 docentes, las cuales se analizaron, encontrándose múltiples preconceptos errados y dificultades conceptuales en la enseñanza de la respiración. Una de las dificultades, resultó ser el enfoque tradicional de enseñanza, donde priman los contenidos sin ninguna articulación y el tratamiento superficial de los temas. En este trabajo se formula una estrategia didáctica que hace de la respiración celular un concepto integrador y permite desarrollar procesos educativos integrales, con la ayuda de los enfoques: investigación dirigida y resolución de problemas, planteando nuevas dinámicas en las prácticas docentes. Por último, como un espacio lúdico de integración conceptual se diseñó el juego didáctico de tablero: “LA MONEDA ENERGÉTICA”, que pretende generar en los estudiantes apropiación de conceptos relacionados con la respiración celular, además de hacer más accesibles al conocimiento escolar los fundamentos bioquímicos de los procesos respiratorios.

Palabras clave: Respiración celular, didáctica, enseñanza, conocimiento escolar, espacio lúdico.

Abstract

This paper presents the design of an educational tool to assist in the teaching-learning process of cellular respiration, which is aimed to sixth grade Ciudadela Educativa Bosa school students. As a part of the tool design surveys were conducted to 59 students from 6° and 10° grade and 12 teachers, which were analyzed, finding, multiple erroneous preconceptions and conceptual difficulties in teaching respiration. One of difficulties was the traditional approach to teaching, where prevail the contents without articulation and surface treatment of topics. In this paper a teaching strategy that makes cellular respiration an integrative concept and allows developing comprehensive educational processes is formulated with the help of the approaches of directed research and problem solving, raising new dynamics in teaching practices. Finally, as an entertainment area of conceptual integration, it was designed a educational board game named "MONEDA ENERGETICA" which seeks to instill in students ownership of cellular respiration related concepts as well, to make knowledge more accessible to the students the biochemical basis of respiratory processes.

Keywords: Cellular respiration, teaching, teaching, school knowledge, fun space.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XV**

Lista de Símbolos y Abreviaturas ..... **XVI**

Introducción **1**

1. Objetivos **5**

1.1 Objetivo general 5

1.2 Objetivos específicos 5

2. Contexto de la institución educativa **6**

2.1 Reseña histórica de la Institución Educativa Distrital (I.E.D) Ciudadela Educativa de Bosa (C.E.B) 6

2.2 Enfoque pedagógico y Modelo Pedagógico en la Institución Educativa Distrital (I.E.D) Ciudadela Educativa de Bosa (C.E.B) 7

2.3 Contexto Educativo del área de Ciencias Naturales según el Ministerio de Educación Nacional 8

2.3.1 Lineamientos Curriculares 9

2.3.2 Estándares Curriculares 10

2.3.3 Caracterización de la población de grado sexto 11

3. Marco conceptual **13**

3.1 Desarrollo epistemológico del concepto de respiración en la historia de las ciencias naturales 13

3.1.1 Desarrollo histórico del concepto de respiración celular 16

3.1.2 Estructura y Composición de las Mitocondrias 18

3.2 Bioquímica de la respiración celular 23
3.2.1 Generalidades de la respiración celular 23
3.2.2 Reacciones bioquímicas de la Glucólisis 27
3.2.3 Ciclo del ácido tricarboxílico o ciclo de Krebs 29
3.2.4 Transporte de electrones 31
3.2.5 Gradiente electroquímico de protones 35
3.2.6 Síntesis de ATP 36
3.3 Fundamento pedagógico 37
3.3.1 Antecedentes de investigación en didáctica de las ciencias naturales 40
3.3.2 Antecedentes de investigaciones en la enseñanza de la respiración 49

4. Metodología 53
4.1 Estrategia metodológica 53

5. . Resultados y Análisis de Resultados 55
5.1 Tabulación de encuestas 55
5.1.1 ENCUESTAS A ESTUDIANTES 55
5.1.2 ENCUESTAS A DOCENTES 60
5.2 Diseño de herramienta didáctica 66
5.2.1 Descripción de la herramienta Didáctica 66
5.2.2 Propuesta metodológica de la herramienta 67
5.2.3 Descripción de actividades 69
5.3 Presentación del juego didáctico “LA MONEDA ENERGÉTICA” 74

6. Conclusiones y recomendaciones 82
6.1 Conclusiones. 82
6.2 Recomendaciones 83

Anexo a GUIA ACTIVIDAD 1 85

Referencias bibliográficas 87

Lista de figuras

Pág.

FIGURA 1-1: Esquema de relación de la respiración celular vista desde múltiples enfoques. 3
FIGURA 2-1: Mapa Conceptual que resume el enfoque pedagógico en la IED C.E.B ... 8
FIGURA 3-1: Estructura básica de la mitocondria (tomado de Paniagua *et. al* 2007 página 202) 20
FIGURA 3-2: Representaciones esquemática de cuatro tipos de configuraciones de crestas mitocondriales (tomado de Paniagua et. al 2007 página 202) 20
FIGURA 3-3: Rutas de fermentativas Alcohólica (izquierda) y Láctica (derecha). 24
FIGURA 3-4: Ruta glucolítica 29
FIGURA 3-5: Ciclo del Ácido tricarboxílico 30
FIGURA 3-6: Esquema de la cadena transportadora de electrones. 32
FIGURA 3-7: Resumen del proceso de respiración celular con los cuatro grandes pasos. Glucolisis, Ciclo del Ácido tricarboxílico, cadena transportadora de electrones y síntesis de ATP. 37
FIGURA 5-1: Relación de Edades de 6° y 10° encuestados con sus porcentajes 56
FIGURA 5-2: Proporción de estudiantes que responden afirmativamente o negativamente a la respiración celular 59
FIGURA 5-3: Porcentaje de la experiencia como docente 60
FIGURA 5-4: Información de los niveles en que orientan los docentes encuestados ... 61
FIGURA 5-5: Tendencias de los docentes encuestados en relación con el modelo pedagógico. 62
FIGURA 5-6: Enfoque pedagógicos de los docentes encuestados 63
FIGURA 5-7: Dificultades en el aprendizaje de las ciencias según los docentes encuestados 63
FIGURA 5-8: Dificultades en la enseñanza del concepto de respiración celular según los docentes encuestados 65
FIGURA 5-9: Estetoscopio artesanal 70

FIGURA 5-10: Tapa de presentación del juego 75
FIGURA 5-11: Tablero del juego “LA MONEDA ENERGETICA” 76
FIGURA 5-12: Parte inicial de las instrucciones de “LA MONEDA ENERGETICA” 77
FIGURA 5-13: Descripción de los 4 pasos que tienen lugar en el centro del tablero del juego “LA MONEDA ENERGETICA” 78
FIGURA 5-14: Tabla de equivalencias y las moléculas de intercambio del juego “LA MONEDA ENERGETICA” 79
FIGURA 5-15: Fichas sorpresa y cheques del juego “LA MONEDA ENERGETICA”.. 80
FIGURA 5-16: Casillas de los alimentos en el juego “LA MONEDA ENERGETICA” .. 81
FIGURA 5-17: Casillas de actividades relacionadas en el juego “LA MONEDA ENERGETICA” 81

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1 Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales grados Sexto a Séptimo 10
Tabla 5-1 Malla Curricular sobre la respiración celular basa en enseñanza para la comprensión. 68
Tabla 5-2 Formato para la tabulación de los datos en la actividad 1..... 71
Tabla 5-3 Rejilla de conceptos..... 74
Tabla 6-1 Cuadro de reporte para los sonidos escuchados con el estetoscopio. 86
Tabla 6-2 Formato para la toma de datos de actividad física. 86

Lista de Símbolos y Abreviaturas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
Cm	Centímetro	10^{-2} m	Medida de longitude
Mm	Micrometro	10^{-6} m	Medida de longitude
Nm	Nanometro	10^{-9} m	Medida de longitude

Abreviatura	Término
I. E.D	Institución educativa distrital
C.E.B	Ciudadela Educativa de Bosa
M.E.N	Ministerio de educación nacional

Introducción

El diseño de herramientas didácticas es útil en los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias para ayudar a resolver problemáticas como:

- Diseños curriculares que no tienen en cuenta el contexto de la población a la que van dirigidos.
- Planes de estudio y mallas curriculares basados exclusivamente en los contenidos, con poca o nula articulación o interrelación entre ellos.
- Dificultad en hacer que los docentes generen cambios desde la didáctica de las ciencias. Esto último se debe a un paradigma oculto y tácito, que ha encontrado un espacio en la idiosincrasia del profesorado, a través del cual se mantiene una práctica docente enfocada en transmitir información, con la idea fija de enseñar cómo les enseñaron (MELLADO, 2003).

La problemática anteriormente descrita hace que los docentes se preocupen más por cubrir contenidos que por generar integración de conocimientos en los estudiantes. La transmisión de información se configura como una metodología común en las aulas, en donde la acumulación de información descontextualizada y sin integración se constituye en el proceso de elaboración de conocimiento por parte de los estudiantes, y la repetición memorística se establece como la prueba de la adquisición de conocimiento, sin que el docente realice ningún tipo de reflexión pedagógica, ni se realice investigación desde la didáctica de la enseñanza de las ciencias naturales, en particular desde la biología.

Además de lo ya mencionado, los procesos de calidad que impulsan las políticas educativas nacionales, evalúan a los docentes por los resultados que obtienen sus estudiantes en las pruebas externas nacionales (SABER - ICFES) o internacionales (PISA), ello hace que los contenidos temáticos sean lo más importante dentro del trabajo de aula, desconociendo que con el tiempo las pruebas ya mencionadas han ido cambiando hacia nuevas concepciones como las de las competencias o la integración

curricular. De tal manera que no hay interés alguno, por parte de los estamentos que formulan las políticas educativas, por interesarse en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales desde otros enfoques, ni de la formación de docentes en este aspecto. Muchos docentes consideran a la ciencia como algo estable, acabado y preestablecido desde el paradigma científico, siendo esta una interpretación errada, puesto que, al hacer una revisión desde la epistemología, la historia de la ciencia se ve como una empresa colaborativa donde las ideas fundamentales pueden cambiar y los principios de las teorías están sujetos a prueba de manera constante, lo que hace a la ciencia dinámica y en continua renovación. Si en las aulas la ciencia fuese vista desde esta óptica, los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales serían flexibles e innovadores.

De forma particular, los conceptos relacionados con la respiración celular son fundamentales dentro de la Biología y su aprendizaje es crucial para la elaboración de conocimiento en ciencias naturales, sobretodo en la relación entre los procesos microscópicos y los macroscópicos, además, desde sus enfoques estructural, organizacional y funcional de los seres vivos. Sin embargo, un problema de aula para la enseñanza de procesos celulares, es que muchos de ellos no son observables con facilidad por su contexto microscópico o por su concepción abstracta, lo cual hace difícil extrapolar los procesos que ocurren a niveles infracelulares al mundo cotidiano del estudiante, quedando el desarrollo de tales conceptos en abstracto y basado en modelos.

Aunado a lo anterior, el paradigma tradicional de la enseñanza de la ciencias basado en la trasmisión de conocimientos acumulativos (contenido temático), en muchos casos reducidos al manejo de información (Ravanal, 2011), tiene como base un sistema de pensamiento donde la ciencia es vista como un ejercicio de búsqueda de la verdad por medio de evidencias positivas (modelo positivista) donde se tiene al experimento por juez último que valida las hipótesis y las teorías, aunque en el caso de la enseñanza de las ciencias no sea posible seguir esta línea de pensamiento en todo momento; por lo que se hace entonces necesario, generar espacios donde se cambien la forma de abordar la enseñanza aprendizaje de la biología desde un contexto que tenga en cuenta al estudiante y sus dimensiones sociales, culturales y de formación de pensamiento.

Todo lo mostrado hasta ahora, enmarca el problema de investigación dentro los siguientes factores: primero, el tiempo que se emplea para desarrollar la temática de respiración celular dentro de una gran cantidad de contenidos propuestos (ver apartado 2.3 Contexto Educativo) y segundo, el desarrollo del tema desde una metodología tradicional de transmisión de información que no da, ni genera espacios para la integración curricular dentro del área de ciencias naturales y tampoco con los diferentes saberes que coexisten en las aulas (las demás áreas del conocimiento escolar). El siguiente esquema (Figura 1 – 1.) tiene por finalidad llevar la problemática establecida y mostrarla como una oportunidad para desarrollar procesos de relación entre diferentes áreas del conocimiento que se puedan integrar por medio de una temática como la de respiración celular y de esta manera comenzar a romper con el paradigma de una educación secuencial que transmite información y no lleva a obtención de conocimientos integrados. Por el contrario, la enseñanza de las ciencias naturales ha de involucrar a los estudiantes con los diferentes ámbitos que constituyen su entorno, desarrollando en ellos un pensamiento crítico que los lleven a tomar decisiones acertadas en los contextos que viven.

FIGURA 6-1: Esquema de relación de la respiración celular vista desde múltiples enfoques.

Como solución al problema se propone diseñar una herramienta didáctica que permita la enseñanza y aprendizaje del proceso de respiración celular, teniendo al estudiante, por protagonista de su proceso educativo, el cual genere un desarrollo de competencias científicas, entre las que se encuentran: argumentar y plantear hipótesis o interpretar situaciones, que den la oportunidad de espacios para la socialización del conocimiento (retroalimentación) encaminados hacia la toma de decisiones acertadas y enriquecedoras dirigidas a fortalecer la formación integral y el proyecto de vida de los estudiantes, contribuyendo al ideal de llegar a tener procesos que se acerquen a la metacognición.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

- Elaborar una herramienta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la respiración celular.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar por medio de una revisión bibliográfica y de encuestas, los pre-conceptos, concepciones erradas y dificultades de entendimiento de la temática de respiración celular en los estudiantes de secundaria.

- Elaborar el marco conceptual y aplicativo de la herramienta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la respiración celular.

- Diseñar un juego didáctico que genere un espacio de aplicación de los conceptos de respiración celular tratados dentro de la herramienta didáctica.

2. Contexto de la institución educativa

2.1 Reseña histórica de la Institución Educativa Distrital (I.E.D) Ciudadela Educativa de Bosa (C.E.B)

La aplicación de la herramienta didáctica para la enseñanza aprendizaje de la respiración celular en grado sexto, se realizara en el colegio distrital Ciudadela Educativa de Bosa, el cual empieza su historia como sede C del Colegio El Porvenir, con quien se compartió la planta física, hasta recibir una sede provisional con aulas prefabricadas cerca del sitio donde se construiría la sede definitiva. El funcionamiento de la institución en su sede actual comenzó con aproximadamente 2.000 integrantes entre estudiantes, docentes y directivos docentes, que conformaron una comunidad educativa variada con diferentes necesidades educativas.

El 24 de enero de 2008 la institución recibió su aprobación mediante la resolución 155 del Ministerio de Educación para educación preescolar, básica primaria – secundaria y media académica, en la dirección Calle 52 sur No. 97c – 35 de la localidad séptima de Bosa en el distrito capital. En el año 2009 se realiza la construcción del primer Bloque de la institución el cual es entregado el 4 de Diciembre por el entonces alcalde Samuel Moreno Rojas, quedando pendiente la construcción de un segundo Bloque el cual sería terminado a finales del año 2010 (Tomado de la Agenda Escolar 2010 – 2011 del Colegio CIUDADELA EDUCATIVA DE BOSA).

En la actualidad la institución se encuentra bajo la dirección del Directivo-Docente Efraín Morales y cuenta con un población de aproximadamente 7.000 estudiantes en las jornadas de mañana y tarde, siendo uno de los colegios con mayor densidad poblacional de la ciudad de Bogotá. Entre las principales problemáticas que se presentan en la institución se cuentan: hacinamiento escolar, población flotante, extra edad, matoneo escolar, conflictos entre barras de equipos de fútbol y pandillismo.

El proyecto educativo de la institución, está basado en un enfoque humanista y el modelo pedagógico que adopta es la enseñanza para la comprensión. El plan de estudios de la Institución es Académico con énfasis en Tecnología e Informática según los lineamientos

del Ministerio de educación y en el 2013 está funcionando el proyecto de Educación Media Fortalecida establecida por la Secretaria de Educación Distrital. El proceso académico de los estudiantes está dividido en cuatro periodos académicos de 10 semanas.

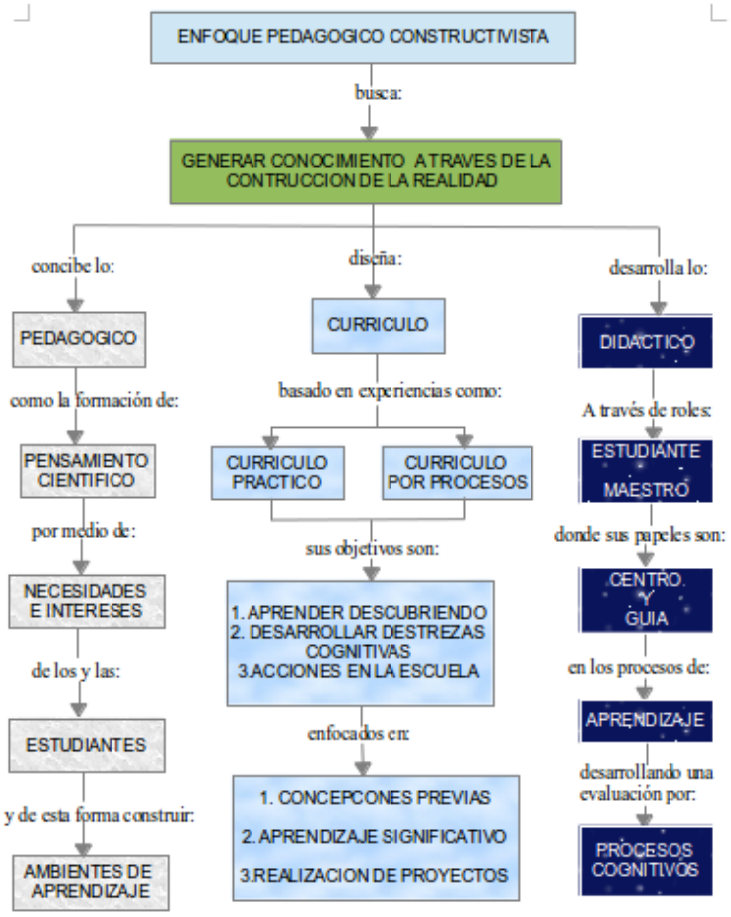
2.2 Enfoque pedagógico y Modelo Pedagógico en la Institución Educativa Distrital (I.E.D) Ciudadela Educativa de Bosa (C.E.B)

El enfoque pedagógico establecido en el colegio Ciudadela Educativa de Bosa esta, basado en la teoría de aprendizaje desarrollada por la escuela constructivista la cual se fundamenta en la hipótesis que establece que los seres humanos construyen su propia concepción de la realidad y del mundo en el que viven.

El constructivismo es una teoría del aprendizaje que establece que los humanos elaboramos conocimiento a través de nuestras experiencias, no simplemente por el hecho de almacenar información, sino también por medio del uso y comprensión de la misma, generando modelos mentales que contribuyen en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. El constructivismo al igual que todos los modelos pedagógicos, presentan diversas líneas de investigación o enfoques, siendo las dos más importantes para este trabajo la cognitiva o psicológica desarrollada por Piaget y la social desarrollada por Vygotsky.

En la institución educativa se ha empleado el modelo pedagógico de Enseñanza para la Comprensión por ser una teoría plural, dinámica y que posibilita su aplicación en las aulas con diferentes estilos de enseñanza-aprendizaje acorde con el contexto que viven los estudiantes. Este modelo tiene en cuenta la reflexión sobre preguntas claves en la enseñanza actual, como son: ¿Qué enseñar? ¿Qué conceptos comprenden o manejan mis estudiantes? ¿Qué acciones puedo realizar en el aula para mejorar la comprensión de concepciones en mis estudiantes? Y finalmente ¿Cómo orientar a mis estudiantes para que realicen comprensiones más profundas?

FIGURA 2-1: Mapa Conceptual que resume el enfoque pedagógico en la IED C.E.B



2.3 Contexto Educativo del área de Ciencias Naturales según el Ministerio de Educación Nacional

El contexto educativo de ciencias naturales para grado sexto, al que va dirigida la herramienta didáctica, se encuentra enmarcado dentro de los estándares curriculares, establecidos por el Ministerio de Educación Nacional en su guía No 7. La temática de respiración celular se encuentra inmersa en las temáticas de estructura y función de la célula, las cuales corresponden curricularmente al primer año de educación secundaria, denominado sexto grado de educación básica. En total son 15 temáticas diferentes referentes al entorno vivo, 16 del entorno físico (donde hay temáticas de química), 13

temáticas relacionadas con ciencia, tecnología y sociedad (ver Tabla 2 -1), para ser tratadas en 80 semanas (2 años escolares 6° y 7°), que por dinámicas escolares (comisiones de evaluación, planes de mejoramiento, entregas de informes académicos y actividades escolares como izadas de bandera, celebraciones institucionales, etc.) terminan siendo 70 semanas de clase para tratar 44 temáticas, lo que da una relación de 1,5 semanas por temática, si en los grados sexto y séptimo se tiene una intensidad horaria de 4 horas a la semana, lo anterior quiere decir que solo se cuenta con 6 horas para desarrollar cada una de las temáticas, lo que convierte la práctica en el aula en una constate carrera contra el tiempo en donde los docentes se ven obligados a trabajar en el aula conceptos superficiales y de una gran diversidad, lo que perjudica en términos generales la calidad de la educación sin embargo, si se incluyera en la práctica docente la integración de conceptos relacionados se establecerían procesos integradores que beneficiarían a los estudiantes.

2.3.1 Lineamientos Curriculares

Los lineamientos curriculares son una construcción realizada en colectivo entre grupos interdisciplinarios e interinstitucionales que buscan dar pautas pedagógicas y curriculares entorno a la educación en Colombia según las particularidades del contexto y a las necesidades propias del país, ya que una de las problemáticas en las aulas es la de responder preguntas como: ¿Qué enseñar? y ¿Cómo enseñarlo?. Estas preguntas deben resolverse en relación con contextos sociales, culturales, económicos y de identidad que llevan a realizar reflexiones sobre el currículo y su diseño para lograr el propósito de formar ciudadanos integrales conscientes de su historia y de su realidad. En los lineamientos se establece un cambio en la visión acerca del desarrollo humano para que este sea sostenible y se encuentre en relación con sus semejantes y su medio ambiente, generando un proceso progresivo y perdurable que impacte en las nuevas generaciones y desarrolle la capacidad humana de trabajo como una potencialidad abierta y coordinada con el flujo de las diversas formas de vida concibiéndolas como sistemas participantes en un todo.

Unas de las finalidades de los lineamientos curriculares es la de compartir conceptos que apoyen el currículo por áreas de conocimiento que fomenten su estudio y apropiación de los docentes y que ello pueda ser irradiado a los estudiantes en las aulas.

2.3.2 Estándares Curriculares

Tabla 2-1 Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales grados Sexto a Séptimo

MANEJO DE CONOCIMIENTOS		
ENTORNO VIVO	**ENTORNO FISICO**	**CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD**
1. Explico la estructura de la célula y las funciones básicas de sus componentes. 2. Verifico y explico los procesos de ósmosis y difusión. 3. Clasifico membranas de los seres vivos de acuerdo con su permeabilidad frente a diversas sustancias. 4. Clasifico organismos en grupos taxonómicos de acuerdo con las características de sus células. 5. Comparo sistemas de división celular y argumento su importancia en la generación de nuevos organismos y tejidos. 6. Explico las funciones de los seres vivos a partir de las relaciones entre diferentes sistemas de órganos. 7. Comparo mecanismos de obtención de energía en los seres vivos. 8. Reconozco en diversos grupos taxonómicos la presencia de las mismas moléculas orgánicas. 9. Explico el origen de la vida a partir de varias teorías. 10. Caracterizo ecosistemas y analizo el equilibrio dinámico entre sus poblaciones. 11. Propongo explicaciones sobre la diversidad biológica teniendo en cuenta el movimiento de las placas tectónicas y las características. 12. Establezco las adaptaciones de algunos seres vivos en Colombia. 13. Formulo hipótesis sobre	1. Clasifico y verifico las propiedades de la materia. 2, Verifico la acción de las fuerza electrostáticas y magnéticas y explico su relación con la carga eléctrica. 3. Describo el desarrollo de modelos que explican la estructura materia. 4. Clasifico materiales en sustancias puras y mezclas. 5. Verifico diferentes métodos de separación de mezclas. 6. Explico cómo un número limitado de elementos hace posible la diversidad de la materia conocida. 7. Explico el desarrollo de los modelos de organización de los modelos químicos. 8. Explico y utilizo la tabla periódica como una herramienta para predecir procesos químicos. 9. Explico la formación de moléculas y los estados de la materia a partir de las fuerzas electrostáticas. 10. Relaciono energía y movimiento. 11. Verifico relaciones entre distancia recorrida velocidad y fuerza involucrada en diversos tipos de movimientos. 12. Comparo masa, peso y densidad de diferentes materiales mediante experimentos. 13. Explico el modelo planetario desde las fuerzas gravitacionales.	1. Analizo el potencial de los recursos naturales de mi entorno para la obtención de energía e indico sus posibles usos. 2. Identifico recursos renovables y no renovables y los peligros a los que están expuestos debido al desarrollo de los grupos humanos. 3. Justifico la importancia del recurso hídrico en el surgimiento de las comunidades humanas. 4. Identifico factores de contaminación de mi entorno y sus implicaciones para la salud. 5. Relaciono la dieta de algunas comunidades humanas con los recursos disponibles y determino si es balanceada. 6. Analizo las implicaciones y responsabilidades de la sexualidad y la reproducción para el individuo y para su comunidad. 7. Establezco relaciones entre transmisión de enfermedad y medidas de prevención y control. 8. Identifico aplicaciones de diversos métodos de separación de mezclas en procesos industriales. 9. Reconozco los efectos nocivos en el consumo de cafeína, tabaco, drogas y licores. 10. Establezco relaciones entre deporte y salud física y mental. 11. Indago sobre los adelantos científicos y tecnológicos que han hecho posible la exploración del universo. 12. Indago sobre un avance tecnológico en medicina y explico el uso de las ciencias

las causas de extinción de un grupo taxonómico. 14. Justifico la importancia del agua en el sostenimiento de la vida. 15. Describo y relaciono los ciclos del agua, de algunos elementos y de la energía en los ecosistemas. 16. Explico la función del suelo como depósito de nutrientes.	14. Describo el proceso de formación y extinción de las estrellas. 15. Relaciono masa, peso y densidad con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar. 16. Explico las consecuencias del movimiento de las placas tectónicas sobre la corteza de la Tierra.	naturales en su desarrollo. 13. Indago acerca del uso industrial de microorganismos que habitan en ambientes extremos.

2.3.3 Caracterización de la población de grado sexto

Los estudiantes de grado sexto son preadolescentes y adolescentes entre los 11 a 15 años pertenecientes al ciclo 3 dentro de la institución educativa, los cuales a niveles socio-económico se encuentran en los estratos 1 y 2. En relación con lo planteado por la teoría psicológica del desarrollo de Piaget los estudiantes del nivel se encuentran entre los estadios pre-operacionales y pensamiento formal, en donde a partir del conocimiento de situaciones dadas pueden hacer inferencias y plantear explicaciones teniendo en cuenta diversos factores. Son estudiantes, receptivos a los planteamientos que se les presentan, tanto para realizar cambios conceptuales como para la participación dentro la construcción de su conocimiento, así como en las aplicaciones de aprendizajes adquiridos dentro de su proceso de enseñanza. El núcleo familiar de la mayoría (aproximadamente 70%) de los estudiantes se encuentra constituido por hogares biparentales con uno o varios hermanos. Aunque un porcentaje de un 30% aproximadamente tienen un núcleo familiar monoparental donde su cuidado está a cargo de familiares o cuidadores debido a que su única madre o padre trabajan largos horarios así que no les es posible pasar el tiempo suficiente y prestarles la atención necesaria para afianzar los procesos que se dan en el aula; esto genera en ellos debilidades importantes en los procesos cognitivos siendo además un blanco fácil para la drogadicción y el pandillismo mediado por las barras de fútbol, situaciones a las que no se encuentra ajena la escuela.

3. Marco conceptual

3.1 Desarrollo epistemológico del concepto de respiración en la historia de las ciencias naturales

La respiración puede considerarse como un campo amplio de estudio en la biología, puesto que incluye diferentes marcos de observación y conocimiento: uno macroscópico, de enfoque fisiológico, donde se relaciona el funcionamiento de los sistemas de órganos con fenómenos como la inhalación y la exhalación como consecuencia del intercambio de gases. Un segundo marco de observación a nivel de los órganos, donde es posible identificar los procesos por medio de los cuales se da la respiración, como el recorrido de los gases respiratorios dentro del individuo o como se da la entrada y la salida del cuerpo. Finalmente, se llega al nivel celular de la respiración entendido este como una serie de procesos bioquímicos que ocurren al interior de la célula con el fin de obtener energía. Visto de este modo la explicación o contextualización del proceso de la respiración involucra múltiples áreas de las ciencias naturales como: la física de los gases para explicar el comportamiento de estos en la atmósfera y los procesos de difusión de los mismos al interior de los organismos y la bioquímica, para explicar las reacciones que se dan entre la glucosa y el oxígeno y como esas reacciones generan energía utilizable por el organismo en sus funciones vitales. En este sentido, el trabajo de Tamayo (2001) establece una concepción holística de la respiración, en donde intervienen diferentes ramas de la ciencia y se relacionan fenómenos entre los que se encuentran: la ventilación, intercambio de gases, el transporte electrones, procesos de oxidación-reducción y en la parte biológica, el metabolismo celular y tisular, los sistemas circulatorio y respiratorio, entre otros. Lo que ha llevado a que la investigación y los procesos de “enseñanza – aprendizaje” sobre la respiración se hagan a niveles: a) fisiológicos observando las funciones macroscópicas; b) fisicoquímico teniendo en cuenta los fenómenos naturales; c) sistémico, celular y cito-bioquímico o microscópico, en el cual se estudian los detalles moleculares de la respiración (Tamayo y Sanmartin 2003).

Teniendo ya establecida la complejidad del concepto de respiración, es importante tener en cuenta algunos paradigmas explicativos, que facilitan el análisis epistemológico de la respiración y su desarrollo a lo largo de la historia y estos son: “aliento vital”, intercambio de gases, combustión química, oxidación de azúcares, obtención de energía y el acoplamiento quimiosmótico (Tamayo y Sanmartin 2003).

El primer paradigma establecido en occidente para la explicación de la respiración fue el del “aliento vital”, dado por los antiguos griegos presocráticos, también llamados filósofos naturales. Anaxímedes estudio el aire y su naturaleza, estableciendo que la respiración es una condición para la vida y la conciencia, siendo el corazón el órgano responsable del aliento y de la respiración, de allí que se tome a la respiración como el sustento de la vida biológica y se relacione con el espíritu (Tamayo *et. al 2008).*

Platón en su descripción de la respiración establece que el aire entra de dos formas al cuerpo, la primera es la habitual por la nariz y se dirige a los pulmones y vuelve a salir pero su camino no se detiene allí sino que vuelve a entrar al cuerpo por la piel, donde se dirige al corazón y al hígado, puesto que son los órganos que detentan el “fuego interior”; por otro lado Aristóteles establece que la respiración tiene una finalidad solamente fisiológica que lo que busca es el enfriamiento del cuerpo debido a su calor interno (Quesada 2011).

En escritos de Hipócrates los médicos hacían referencias a la mala y buena respiración, considerándola como un sistema de refrigeración del corazón, por encontrarse allí la sangre y el aire fuentes de calor, por lo que en su explicación de la circulación del aire por el cuerpo decían que el ingreso se hacía por la nariz y que luego pasaba por el cerebro para luego ir al vientre y finalmente a los pulmones y vasos sanguíneos para ser refrigerados (Quesada 2011).

Un aporte más a la fisiología de la respiración lo realizó Galeno en sus estudios acerca de la anatomía del pulmón, corazón y de la mecánica de la respiración, retomando las ideas previas acerca de la respiración como un sistema de refrigeración y a la vez establece que la respiración es una forma de alimentación y da la idea que la respiración contribuye a un proceso de “combustión interna” (Quesada 2011).

Van Helmont asumió la respiración como una “fermentación”, explicando que cuando la sangre pasa por el ventrículo izquierdo del corazón, se da un cambio en el color en ella debido a una sustancia o partículas que desaparecen, son consumidas, lo que genera su cambio en el color. Esta sustancia o partículas son recuperadas cuando la sangre pasa por los pulmones (Quesada 2011).

Posteriormente, Priestley y otros científicos desarrollaron la teoría del flogisto, una sustancia ideal que se presumía hacia parte de los compuestos y determinaba si estos podían arder, para explicar el fenómeno de la combustión y las condiciones necesarias para que este proceso tuviera lugar. Sus investigaciones lo llevaron a tratar de aplicar su teoría a la dinámica de la respiración, donde propone que la sangre ingresa a los pulmones con una sustancia que hace parte del aire (flogisto) y sale sin él. Es decir, la respiración elimina el exceso de dicha sustancia, la cual pasa al aire y lo vuelve inadecuado para la respiración. Por tanto, la respiración afecta el aire cambiando su naturaleza o composición y lo puede volver nocivo para los animales. Esta teoría no se reduce a explicar la respiración como un simple intercambio de gases, sino que adiciona al proceso “transformaciones químicas”. De esta manera, Priestley, Boyle, Hales y Black se dan cuenta que, la respiración genera una serie de cambios sobre el aire, como disminuir su volumen, cambiar su naturaleza o composición, y también en un intervalo de tiempo bastante breve, el fluido (el aire exhalado en el respiración) que sirve para esta función pierde la propiedad de mantener la vida de los animales (Quesada 2011).

Antonie Lavoisier hacia el año de 1783, dentro de sus investigaciones, en las que somete a prueba la teoría del flogisto defendida por Priestley, descubrió el fundamento de la combustión, descrita como un cambio químico en el cual se produce energía en diferentes formas (por ejemplo calor). Las reacciones que permiten la combustión requieren de la presencia de un gas que no se conocía hasta ese momento, al que Lavoisier llamo oxígeno, debido a la presunción de intervención de dicho elemento en la formación de ácidos.

Con este trabajo se comprobó la inexistencia del “flogisto” y por el contrario se mostró que el oxígeno es responsable de los fenómenos de combustión. Sin embargo, sus investigaciones sobre los gases involucrados en la combustión no pararon allí, descubrió que el oxígeno hace parte del aire que toman los seres vivos durante la respiración, al

analizar este proceso desde el intercambio de gases. Lavoisier estableció que para volver respirable el aire que exhalamos, hay que quitar la parte de “aire fijo” (gas carbónico que para la época no había sido descubierto) que contenía y reemplazarlo por aire con oxígeno contrario a cómo actúa la respiración.

Por último, Lavoisier hace la analogía entre la combustión y la respiración, estableciendo que el aire con oxígeno puede convertirse en “aire fijo” en presencia de carbón de leña pulverizado (combustión), planteando que a los pulmones puede llegar aire con oxígeno (O_2) y salir convertido en “aire fijo” (con CO_2), como ocurre en los procesos de ignición o incineración, e incluso va más allá al manifestar que la sangre puede llegar a tener una afinidad por el oxígeno lo que hace que esta adquiera su tonalidad roja en presencia del aire atmosférico (García 2007).

Como una forma de continuar con el recorrido a través de los paradigmas que explican el concepto de respiración pasaremos del plano macroscópico al plano microscópico, donde los descubrimientos anatómicos y celulares mediante herramientas bioquímicas y microscopios de diferente tipo, cambiarán la concepción acerca de la respiración y abrirán paso al estudio de la respiración a nivel celular.

3.1.1 Desarrollo histórico del concepto de respiración celular

El desarrollo del concepto de la respiración celular estuvo condicionado al conocimiento de la célula, su estructura y fisiología, sin embargo, para su elaboración fue necesaria la microscopía como una técnica de observación, la cual inicio en el siglo XV con los trabajo de Hans y Zacarías Jansen, Antoni van Leewenhoek y Robert Hooke que llevaron al posterior descubierto de la célula. Más adelante en el siglo XIX los trabajos de Teodor Schwan y Matías Schleiden dan la base para que Rudolf Vichow propusiera la teoría celular, así mismo, los desarrollos tecnológicos en los microscopios que se dieron a lo largo de los siglos XIX y XX permitieron descubrir y caracterizar los organelos celulares, entre ellos la mitocondria, al tiempo que los avances en bioquímica han contribuido a entender las interacciones que ocurren entre las sustancias involucradas en los procesos de obtención de energía, a través de la síntesis ATP (Karp, 1987).

Debido a las pequeñas dimensiones de las células, el estudio de sus estructuras tuvo que esperar al desarrollo del microscopio, lo que se inició mucho después que otras áreas de las ciencias naturales. No es posible determinar la fecha o la época en la que el hombre descubrió las propiedades de las superficies de los cristales curvos, consistentes en modificar los rayos de luz para así formar imágenes aumentadas; sin embargo se han encontrado escritos medievales, del siglo XIII en Italia, que mencionan algunas características de los cristales curvos (Karp, 1987).

En el año 1665, el científico inglés Robert Hooke, utilizando un microscopio compuesto diseñado por él mismo, observó por primera vez lo que posteriormente se denominaron células. Hooke estudió el aspecto en forma de panal de abejas del corcho, y uso el término célula para describir los espacios que vio, puesto en analogía con las celdas en las que vivían los monjes. Hooke concluyó que cada una de las celdas era un espacio cerrado, sin pasajes de interconexión de una a otra. Tal idea surgida de sus observaciones no permitió pensar en ese momento en que existiese la posibilidad que las células pudiesen ser los componentes básicos de los seres vivos (Karp, 1987).

Después de los trabajos realizados por Hooke, muchos otros científicos hicieron sus aportes al conocimiento de la anatomía, fisiología y evolución de los seres vivos; sin embargo, en lo relacionado con el concepto de célula, se tuvo que esperar cerca de 200 años desde que fue observada y nombrada. En ese lapso de tiempo, se dio lo que los historiadores de la ciencia llamarían la revolución científica, debido al cambio en las prácticas que tenían los científicos para realizar su actividad. La ciencia entonces se concebía como una práctica positiva, es decir que busca la explicación de los fenómenos naturales con evidencias experimentales concretas e irrefutables (positivas), ello generó que los científicos mejoraran sus metodologías de trabajo y los instrumentos que utilizaban. Para el tiempo en que se establece la Teoría Celular en el año 1865, se tiene ya la madurez tecnológica y formalidad científica para establecer ideas con alto grado de validez.

En ese sentido es Rudolf Virchow quien en su obra “patología celular” del año 1858, da un vuelco a la concepción acerca de la célula. Hasta entonces la célula se consideraba como un ente aislado de los seres vivos y es Virchow quien estableció con pruebas experimentales en fisiología de tejidos animales que las células son las que componen

los organismos vivientes, tienen vida propia y ejecutan las funciones vitales que se observan, en otra escala, en los seres vivos, entre ellas la Respiración.

Otro avance importante para la Biología Celular fue la descripción por primera vez de la mitocondria por Altman en 1884 quien en sus investigaciones aisló estructuras intracelulares a las que llamo bioblastos debido a como fueron observados a través del microscopio, sus observaciones lo llevaron a pensar que se trataba de estructuras vivas que parasitaban a la célula. Sin embargo, años después (1897), Benda denomino a las estructuras de Altman con el término “mitocondrias” que se deriva del griego *mitos* que significa hilo y *condros* que significa granulo debido a su aspecto. En 1900 se perfeccionaron los métodos de tinción para las mitocondrias, estandarizándose la técnica llamada centrifugación diferencial o fraccionamiento subcelular, con ella múltiples investigadores durante el siglo XX realizaron importantes descubrimientos acerca de la estructura y función de la mitocondria.

Albert Claude fue el primero en estudiar la estructura mitocondrial con el microscopio electrónico, descubriendo que se encuentran rodeadas por dos membranas, una externa en contacto con el citoplasma y una interna, limitando el espacio interno de la mitocondria denominado matriz mitocondrial. La membrana interna presenta múltiples plegamientos que forman las crestas mitocondriales (Paniagua *et al*. 2007).

3.1.2 Estructura y Composición de las Mitocondrias

Las mitocondrias contienen las enzimas necesarias para el ciclo del ácido tricarboxílico (TCA) o ciclo de Krebs y de la fosforilación oxidativa, conteniendo además los componentes de la cadena transportadora de electrones. Debido a lo anterior, la la mitocondria es esencial en los procesos de oxidación de glúcidos y lípidos; los cuales determinan la producción de ATP, molécula que es la fuente energética de la célula.

Las mitocondrias difieren en forma, tamaño y cantidad dependiendo del tipo de célula en las que se encuentran, así por ejemplo en el hígado hay unas 1000 mitocondrias por célula, sin embargo, en células como las del miocardio o en los túbulos contorneados distales del riñón y en otras células que demandan mayor producción de energía, son mucho más abundantes, como por ejemplo, asociados a cilios y flagelos o en la cola de

los espermatozoides. Dentro de una célula las mitocondrias se organizan en los lugares dondese requiere más energía. En el músculo estriado las mitocondrias se asocian a las miofibrillas con el fin de producir ATP para la contracción muscular. En células productoras de hormonas esteroides estas se orientan cerca de los lípidos y al retículo endoplasmático liso, puesto que mediante la lipogénesis ambos organelos intervienen en la síntesis de hormonas a partir del colesterol. En células del riñón ayudan con la regulación osmótica de la orina (Paniagua *et al.* 2007).

Las dimensiones de la mitocondria guardan relación con su cantidad o abundancia al interior del tipo de célula; aunque sus medidas aproximadas están en el rango de 0,5 a 1μm de anchura y de 1 a 7μm para el largo; a pesar de ello existen excepciones como las observadas en células del miocardio, donde el largo de las mitocondrias alcanza 10μm. Las mitocondrias tienen una estructura de doble membrana (externa e interna), cada una de aproximadamente 7nm de espesor y dependiendo la forma de fijación pueden presentar forma globular o trilaminar. Entre la doble membrana hay un espacio de 8nm (espacio perimitocondrial). La membrana interna presenta invaginaciones hacia el interior formando tabiques denominados crestas, generando un solo espacio, con una división abierta en partes más pequeñas formando múltiples e intrincados espacios en la matriz mitocondrial (Paniagua *et al*. 2007).

El número de crestas en las mitocondrias es variable y comúnmente está directamente relacionado con las necesidades de producción de energía química (ATP); así, las crestas son numerosas en las mitocondrias de células musculares y escasas en las células del hígado. Las crestas se orientan comúnmente, en sentido perpendicular al eje longitudinal de la mitocondria, sin embargo, en algunas células pueden aparecer otros tipos de orientaciones dentro de las que se encuentran: paralelas al eje longitudinal en las neuronas, o curvas en células adiposas y en el miocardio y las que presentan: protozoarios, algas, glándulas suprarrenales y células de Leydig del testículo, donde la forma de las crestas mitocondriales se parece a ojales (Paniagua *et. al* 2007).

FIGURA 3-1: Estructura básica de la mitocondria (tomado de Paniagua *et. al* 2007 página 202)

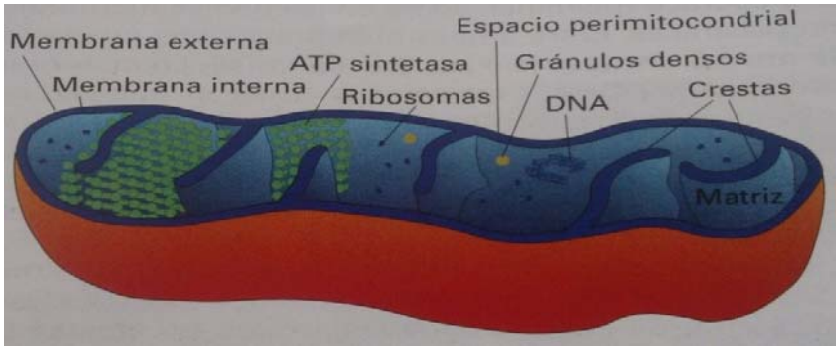
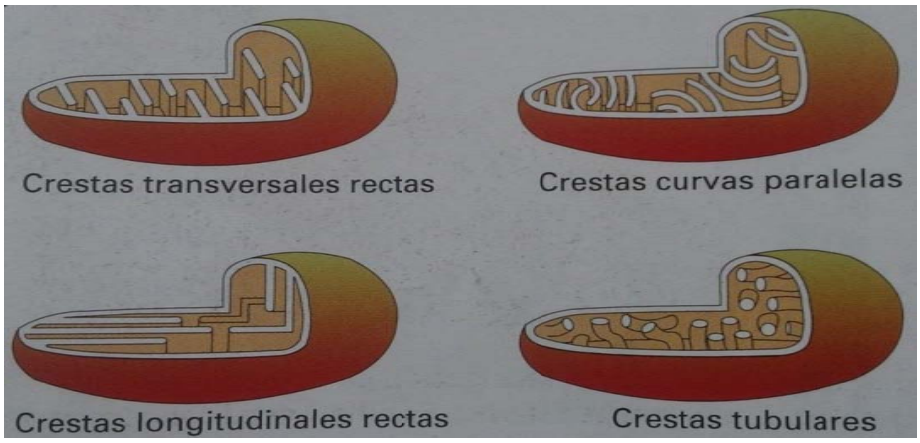


FIGURA 3-2: Representaciones esquemática de cuatro tipos de configuraciones de crestas mitocondriales (tomado de Paniagua et. al 2007 página 202)



La forma disposición y numero de crestas en la mitocondria está relacionada con la actividad metabólica que tiene la célula o tejido en que se encuentra el orgánulo. Las células del corazón, el riñón o los músculos presentan actividades respiratorias elevadas, como ocurre en los animales, en las células musculares del vuelo de las aves tienen mitocondrias con gran cantidad de crestas (Paniagua *et al*. 2007).

Existen diferencias significativas en la composición de las membranas internas y externas de la mitocondria. Para empezar, la membrana externa se constituye en un 60% de proteínas y en un 40% de lípidos, puede asemejarse al retículo endoplasmático y su vida media está en 5.2 días. Contiene dentro de los lípidos, algo de colesterol,

fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol y escasa caridolipina (difosfatidil-glicerol). Entre las proteínas se encuentran transportadores de electrones (citocromo b_5 y la reductasa de b_5-NADH), una enzima que oxida monoaminas a aldehídos (monoaminooxidasa), enzimas que intervienen en la degradación oxidativa de los lípidos (acil-CoA sintetasa y fosfolipasa A), enzimas que fosforilan nucleósidos (nucleósido difosfatasa quinasa), el complejo para la inserción en la mitocondria de proteínas sintetizadas en el citosol, proteínas de la familia Bcl-2 que regulan la apoptosis y varias copias de una proteína llamada porina la cual forma grandes canales acuosos que atraviesan la membrana y son permeables a moléculas con pesos inferiores a 10kDa, lo que hace que la membrana externa sea permeable al agua, iones y sacarosa (Paniagua *et al*. 2007).

La membrana interna incluyendo las crestas, está constituida por un 80% de proteínas y un 20% de lípidos. Su estructura es más semejante a la de las bacterias y las laminillas internas de los cloroplastos y su vida media es de 12.6 días. En relación con su contenido lipídico se puede decir que carece de colesterol y contiene fosfatidil glicerol y cardiolipina en mayor proporción que en la membrana externa. El alto contenido de cardiolipina hace a la membrana interna impermeable a iones y sacarosa, además, la membrana interna es más densa que la externa y posee muchas proteínas, entre las que se encuentran el complejo para la inserción de proteínas sintetizadas en el citosol o en la matriz, enzimas de oxidación de ácidos grasos, tranferasas (como las que transfieren el grupo acilo a la carnitina o las que transportan acil-carnitina, ADP, P, aminoácidos o ácido pirúvico a la matiz mitocondrial), todos los componentes de la cadena transportadora de electrones y la enzima ATP sintetasa, que realiza la fosforilación oxidativa (Paniagua *et al*. 2007).

Lo que queda de separar la membrana externa de la mitocondria se denomina mitoplasto o compartimiento interno, en el cual se pueden observar estructuras como ribosomas, ADN, gránulos osmiófilos e inclusiones lipídicas, junto con iones, pequeñas moléculas y macromoléculas no visibles. El ARN y el ADN mitocondriales se unen entre sí en los procesos de replicación y transcripción sin embargo, no lo hacen con el ADN del núcleo, lo que muestra que son propios de la mitocondria. El material genético de la mitocondria forma filamentos de aproximadamente 2.5nm de espesor, el ADN mitocondrial es de doble hélice no unido a proteínas y por tanto no forma cromosomas sino que tiene una

organización circular similar a la del genoma bacteriano aunque, en algunos protozoarios como el *Paramecio* y las *Chlamydomonas* el genoma mitocondrial tiene una disposición lineal. La longitud del ADN mitocondrial es de unos 5-6µm en la mayoría de los organismos animales (desde platelmintos hasta mamíferos) y algunas excepciones son las levaduras y algunas células eucariotas inferiores puede llegar a tener longitudes que van de 10-30µm, mientras, que en las plantas superiores la longitud del ADN mitocondrial es considerablemente larga va desde los 30 hasta los 800µm. El ADN mitocondrial no presenta mucha variación de una célula a otra, además en animales, solo se hereda por línea materna ya que las células germinativas masculinas (espermatozoides) solo aportan material genético y no aporta citoplasma (Paniagua *et al*. 2007).

El genoma mitocondrial humano consta de 16569 pares de bases, donde la mayoría codifica proteínas o transcribe moléculas de rARN y tARN además, tiene un par de secuencias reguladoras de ADN y en comparación con el citosol donde hay 48 tARN diferentes mientras, que en las mitocondrias solo hay 22, por otro lado, de los 64 codones tienen significados diferentes de lo que ocurre en el citosol. Para poder leer los pocos codones tARN, muchos tARN se aparean con todos las tripletas que tengan la primera base nitrogenada igual y cualquiera en tercer lugar (Paniagua *et al*. 2007).

En levaduras mutantes con grandes pérdidas de ADN mitocondrial, las mitocondrias presentan crestas poco desarrolladas y llegan a no sintetizar ATP; contienen las proteínas codificadas por ADN nuclear, como la ADN polimerasa, la ARN polimerasa, todas las enzimas necesarias para realizar el ciclo de Krebs o TCA, todas las proteínas de la membrana externa y muchas de la interna. Buena parte del material genético mitocondrial es capaz de replicarse, lo que muestra que el proceso no es controlado por el núcleo. En organismos superiores, el ADN mitocondrial codifica principalmente ciertas proteínas integrales de la membrana interna y en contraste el genoma mitocondrial de las plantas varía entre 150.000 y 2'500.000 pares de bases aunque, dicho genoma codifica casi la misma cantidad de proteínas que en animales debido a que hay muchas secuencias intrónicas que no codifican para proteínas aunque, pueden llegar a ser importantes para control y activación de genes (Paniagua *et al*. 2007).

Los ribosomas mitocondriales son menores que los que se encuentran en el citoplasma, en las células animales llegan a ser incluso menores que los de las bacterias (55- 60 S). Los ribosomas mitocondriales constan de dos subunidades una de 35 S y otra de 25 S; la subunidad mayor contiene un ARN de 16 S y otro de 4 S, lo que equivale a 5 S en los ribosomas citoplásmicos, mientras, que el ARN de la subunidad menor es de 12 S (Paniagua *et al*. 2007).

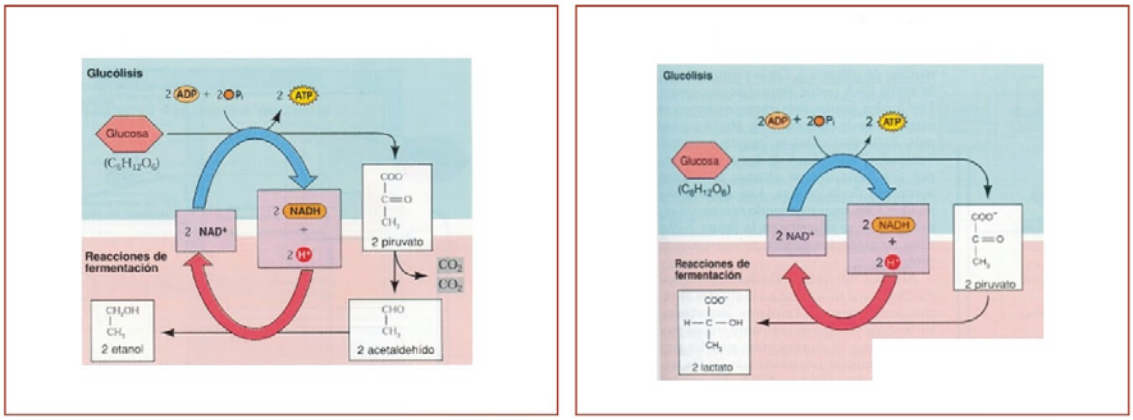
En la matriz mitocondrial es posible encontrar gránulos densos llamados también gránulos osmiófilos, los cuales presentan unos 50nm de diámetro, formados por subunidades de unos 7.5nm que contienen cationes divalentes en su mayoría Ca^{++} y son muy abundantes en las células transportadoras de iones y agua, como las de los túbulos contorneados renales. En algunas células pueden observarse inclusiones lipídicas, como ocurre en las células de Leydig, lo que guarda relación con las hormonas esteroideas que allí se producen. Entre los componentes no visibles están la enzima superóxido dismutasa (que transforma los radicales libres de oxigeno producidos en la reducción de este), las enzimas implicadas en la oxidación β de los ácidos grasos y las enzimas del ciclo del ácido tricarboxílico (Paniagua *et al*. 2007).

3.2 Bioquímica de la respiración celular

3.2.1 Generalidades de la respiración celular

El proceso de respiración anaerobia puede ser descrito a través de una breve descripción de la fermentación láctica o alcohólica. En cualquiera de las rutas fermentativas se producen cantidades limitadas de energía, ya que, en estas rutas metabólicas la glucosa entra en transformación para dar lugar a un compuesto orgánico de tres carbonos (gliceraldehído -3-fosfato) el cual se transforma en otro compuesto de tres carbonos (piruvato) con solo una producción de energía correspondiente a 2 moléculas de ATP; tal ruta recibe el nombre de glucolítica y como no tiene un aceptor externo de electrones, se limita la liberación de energía, haciendo que la transformación química del piruvato continúe hacia ácido láctico o etanol (según si es fermentación láctica o alcohólica), que pueden ser nocivos para la vida de la célula por lo cual tienen que ser excretados o ser posteriormente metabolizados en otro lugar del organismo generando un mayor gasto energético.

FIGURA 3-3: Rutas de fermentativas Alcohólica (izquierda) y Láctica (derecha).



Tomado de: http://www.biologíacelularb.com.ar ultima actualización Octubre 20 2014.

Las rutas fermentativas pueden llegar a satisfacer los requerimientos energéticos de la célula, aunque con un rendimiento de ATP bajo, porque solo se aprovecha una parte limitada de la energía potencialmente libre de las moléculas oxidables *(Becker., et. al 2007)*.

En comparación con la fermentación, cuando se cuenta con un aceptor externo de electrones, es posible la oxidación completa del sustrato, lo que trae como consecuencia una mayor producción de ATP. “Se entiende como *respiración celular, el flujo de electrones en o a través de una membrana, desde coenzimas reducidas hasta un aceptor de electrones, normalmente acompañado de la producción de ATP.” (Becker., et. al 2007).*

Las coenzimas reductoras que participan en el proceso de respiración, durante el catabolismo glucolítico son básicamente tres: NADH, FAD y coenzima Q o ubiquinona, las cuales cumplen la función de recoger los electrones que liberan los compuestos orgánicos oxidables y los transportan hasta el aceptor final de electrones a través de una cadena de transporte electrónico (Becker., et. al 2007).

En la mayoría de organismos que viven en la tierra, el aceptor final de electrones es el oxígeno, o en su forma reducida del aceptor que es el agua, conociéndose en su

conjunto el proceso como respiración aerobia. Sin embargo, existente contados organismos (bacterias) que realizan respiración sin tener al oxígeno por aceptor final de electrones, este es reemplazado por elementos como el hierro o el azufre, a este tipo de respiración se le denomina respiración anaerobia, la cual es muy importante para los ciclos de dichos elementos *(Becker., et. a*l *2007)*.

En la respiración aerobia se empieza con el catabolismo del piruvato generado en la glucolisis, de esta manera se puede hacer una primera comparación entre la ruta fermentativa que solo produce 2 moléculas de ATP y la ruta oxidativa que produce 38 moléculas de ATP por molécula de glucosa en células procariotas y de 36 a 38 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa en células eucariotas dependiendo el tipo de célula y su función *(Becker., et. a*l *2007)*.

Para que sea posible la respiración aerobia, el oxígeno además de ser el aceptor final de electrones, permite la reoxidación continua de NADH y de las otras coenzimas reductoras. Las tres moléculas aceptan electrones durante la oxidación posterior de los intermediarios derivados del piruvato o de otros sustratos oxidables los cuales transfieren los electrones al oxígeno por medio de una cadena de transportadores que se encuentran unidos a la membrana; de esta manera la respiración aerobia integra rutas de oxidación que liberan electrones, con las cadenas transportadoras de electrones y la reoxidación de las coenzimas reducidas, con la producción indirecta de ATP *(Becker., et. a*l *2007)*.

La respiración aerobia puede ser dividida en cuatro etapas dinámicas que se dan de manera ininterrumpida, donde dos de ellas son de naturaleza oxidativa, mediadas por coenzimas que son reducidas y otras dos en las cuales se da la reoxidación de las coenzimas y la producción de ATP. En términos generales desde el punto de vista bioquímico la respiración celular corresponde a una serie de procesos denominados oxidaciones biológicas o también etapas de la respiración. La primera etapa corresponde a la ruta glucolítica o glucolisis en la que la glucosa se oxida a piruvato el cual en lugar de ser aceptor de electrones como ocurre en la fermentación, el piruvato es nuevamente oxidado generando un compuesto denominado acetilcoenzima A (acetil CoA). La segunda etapa denominada ciclo del ácido tricarboxílico (TCA), el cual es una ruta cíclica que oxida completamente los carbonos entrantes a CO_2 y conserva la energía en forma

de coenzimas reducidas, que por sí mismas son compuestos de alto valor energético *(Becker., et. al 2007)*.

La tercera etapa consiste en el transporte de electrones que son transferidos desde las coenzimas reducidas hasta el oxígeno el cual se encuentra acoplado a un transporte activo o bombeo de protones a través de la membrana interna de la mitocondria, lo que constituye el transporte electrónico que genera un gradiente electroquímico de protones que activa la cuarta etapa o impulsa la actividad de la enzima ATPsintetasa que realiza la producción de moléculas de ATP, la cual es dependiente del oxígeno por tal razón recibe el nombre de fosforilación oxidativa (Becker., *et. al 2007)*.

Puntualmente en los seres conformados por células eucarióticas, las reacciones oxidativas son realizadas en la mitocondria, la cual recibe del citoplasma una combinación de compuestos bioquímicos derivados del metabolismo parcial de los carbohidratos (Glicólisis), lípidos (lipolisis) y aminoácidos (proteolisis). En el interior de la mitocondria, una gran parte de la energía liberada en los procesos oxidativos se conserva a través de la síntesis de ATP, la cual es la principal molécula de intercambio energético en la célula y se le suele llamar la moneda energética de los seres vivos ya que corresponde a la fuente de energía química más ampliamente utilizada (White *et al.* 1983).

Los procesos de oxidación que se dan en la mitocondria requieren en general de la entrada de piruvato, el cual se obtiene principalmente del proceso de glucolisis, donde a partir de una molécula de glucosa se producen 2 triosas, las cuales terminan la vía metabólica con la formación de 2 moléculas de piruvato, las cuales son intercambiadas por gas carbónico (CO_2) en la membrana externa de la mitocondria, puntualmente por cada piruvato que entra en la mitocondria salen 3 moléculas de CO_2 y cinco pares de átomos de hidrógeno son transferidos a cada uno de los transportadores electrónicos. El piruvato una vez dentro de la mitocondria libera uno de sus tres carbonos en forma de CO_2 y los dos carbonos restantes se unen a la coenzima A (CoA – SH), para formar acetil – CoA, la cual es la sustancia que induce el inicio del Ciclo del ácido tricarboxílico (TCA) que es la vía central en el metabolismo oxidativo de la respiración celular (Cooper 2010).

El ciclo TCA comienza en el momento en que el acetil – CoA se combina con oxalacetato para producir citrato y a través de otras ocho reacciones dos carbonos del citrato se oxidan completamente a CO_2 y se regenera el oxalacetato inicial. Durante el ciclo, se forma un enlace de alta energía en forma de GTP, que se emplea en la síntesis de ATP. Además, en cada vuelta del ciclo se producen tres moléculas NADH y una de FADH2 que son los transportadores de los electrones en las reacciones de redox (Cooper 2010).

Por último, cada uno de los electrones derivados de las reacciones metabólicas de la glucosa original fluyen a lo largo de una serie organizada de transportadores de electrones ubicado en contra de un gradiente de potencial eléctrico, es decir desde niveles bajos hasta los más altos los cuales al llegar allí entran en contacto con el oxígeno, específicamente durante la fosforilación oxidativa los electrones del NADH y $FADH_2$ se combinan con el O_2 y es la energía liberada la que promueve síntesis de ATP a partir ADP; tal transferencia de electrones libera 52,5 kcal/mol por cada par de electrones transferidos (Cooper 2010).

La forma de hacer utilizable dicha energía es hacer un paso gradual de los electrones por una serie de cuatro complejos proteicos que constituyen la cadena transportadora de electrones, la cual se encuentra localizada en la parte interna de la membrana mitocondrial en las células eucarióticas, mientras que las bacterias usan un sistema comparable, con los elementos de la cadena transportadora de electrones dentro de la membrana plasmática (Cooper 2010).

3.2.2 Reacciones bioquímicas de la Glucólisis

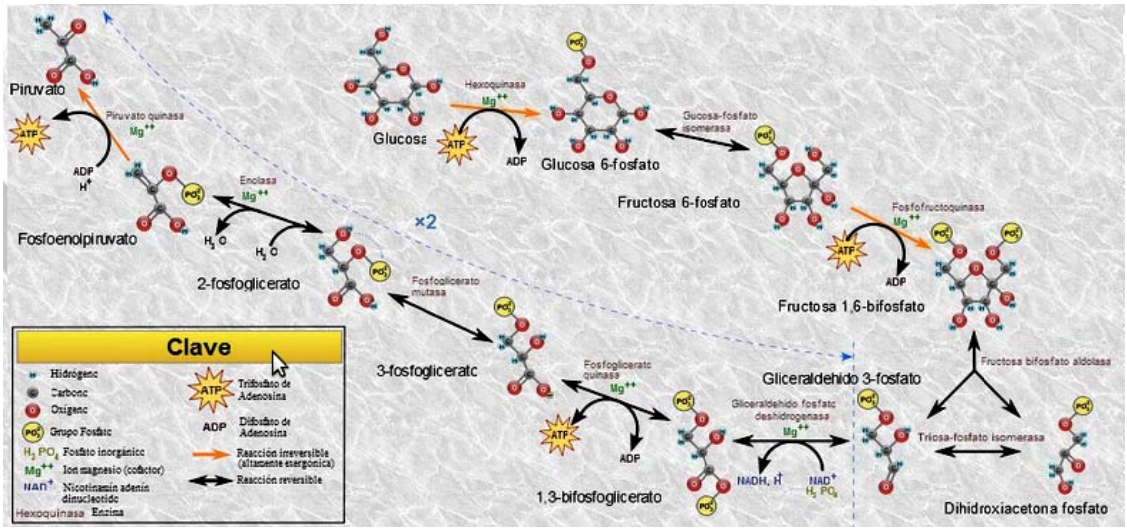
El proceso de glucólisis también es llamado ruta glucolítica, la cual es una serie de diez pasos que transforma la molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato, una sustancia de tres carbonos. El fundamento de la glucólisis esta sugerida en su nombre, puesto que el término glucólisis deriva de dos raíces griegas: *glykos* que significa “dulce” y *lysis*, que significa “aflojarse” o “separarse”. La separación se da cuando la glucosa un azúcar de seis carbonos se escinde en dos moléculas de tres átomos de carbono (Alberts *et al* 2007).

De forma general la glucolisis es posible dividirla en tres fases: los pasos de preparación y ruptura que abarca las primeras 5 reacciones, la secuencia oxidativa constituida por las reacciones 6 y 7 y formación de piruvato y generación de ATP en las reacciones 8, 9 y 10 (Alberts *et al* 2007). En la primera fase, las primeras reacciones se encuentra enfocadas a las transformación de la glucosa en una molécula doblemente fosforilada (*fructosa – 1, 6-bifosfato)*. El proceso comienza con la inclusión de un grupo fosfato en el carbono terminal de la glucosa, el siguiente paso es una deshidrogenación de la glucosa, para luego, agregar el segundo grupo fosfato en el carbono 1 y de esta forma producir la *fructosa – 1, 6-bifosfato,* dando lugar a las reacciones cuatro y cinco donde se hace la ruptura del azúcar de seis carbonos en dos de tres uno de ellos es el gliceraldehído 3-fosfato objeto de la segunda fase de oxidación y la otra molécula de tres carbonos es la dihidroxicetona fosfato, la cual sufre una isomerización para ser transformada en gliceraldehído 3-fosfato, de esta forma en las cinco primeras reacciones de la glucólisis una molécula de glucosa es trasformada en dos de gliceraldehído 3-fosfato (Alberts *et al* 2007).

Se inicia la segunda fase de la glucólisis con la oxidación de las dos moléculas de gliceraldehído 3-fosfato, comenzando la fase de generación de energía de la glucólisis, puesto que durante la oxidación en la reacción 6 se produce NADH + H^+ y en la reacción 7 hay formación de ATP y las moléculas de gliceraldehído 3-fosfato se transforman en 3-fosfoglicerato, a partir de la reacción 8 se inicia la última fase denominada formación de piruvato en la que el 3-fosfoglicerato se transforma en 2-fosfoglicerato (reacción 8) y luego da lugar a la producción de fosfoenolpiruvato por medio de una deshidratación la cual ocurre en la reacción 9, la glucolisis se completa con la producción de piruvato y de ATP gracias al enlace enol fosfato que se forma durante la reacción 9. Así la glucolisis presenta el siguiente balance durante su primera fase (reacciones 1 – 5) invierte dos moléculas de ATP, durante la segunda fase oxidativa (reacciones 6 y 7) se producen dos moléculas de ATP y dos de NADH (Alberts *et al* 2007)

Durante la tercera fase de producción de piruvato (reacciones de la 8 – 10) se producen 2 moléculas de ATP y como se verá más adelante el cofactor NADH entra en la mitocondria como aceptor de hidrógeno y juega un papel importante en la producción de energía en la ruta aeróbica (Alberts *et al* 2007).

FIGURA 3-4: Ruta glucolítica

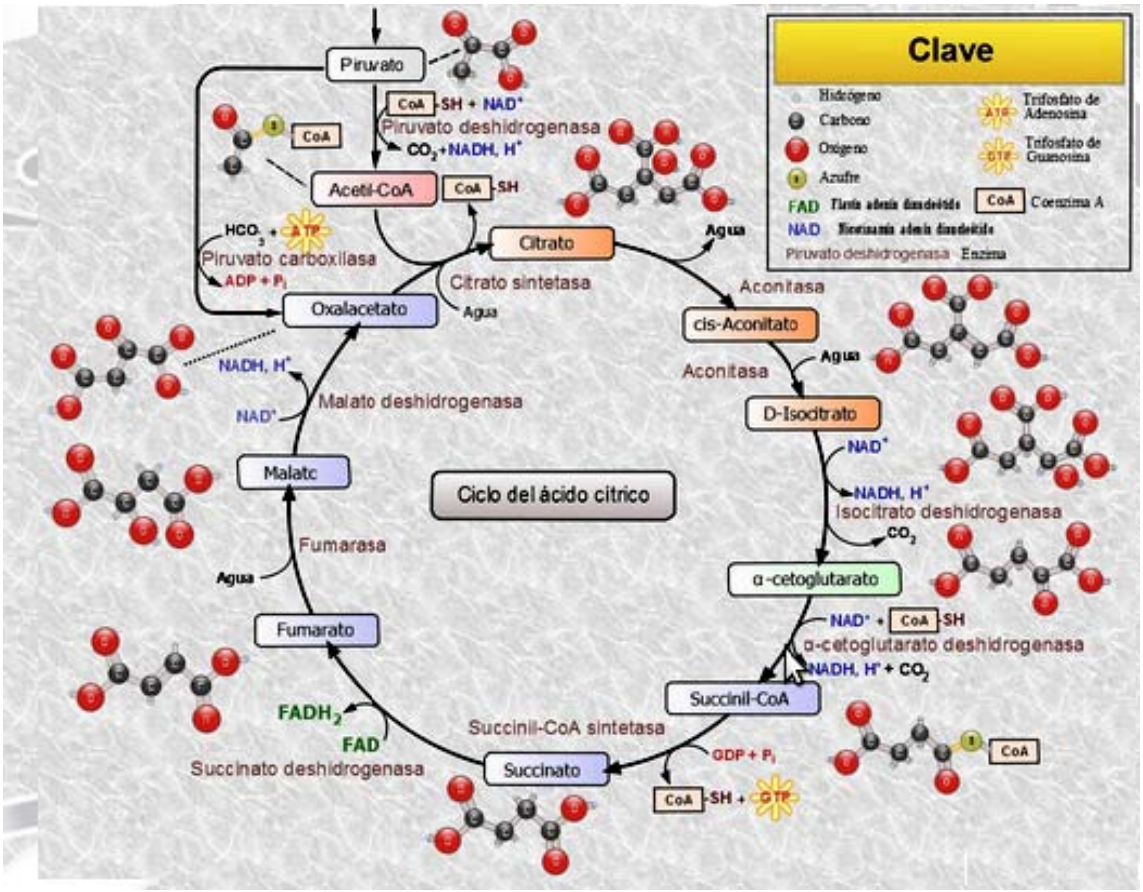


Tomado de: http://www.bionova.org.es/biocast/tema16.htm ultima actualización Junio 7 2014.

3.2.3 Ciclo del ácido tricarboxílico o ciclo de Krebs

El ciclo del ácido tricarboxílico (TCA), más conocido como ciclo de Krebs, requiere de un precursor denominado Acetil-CoA. Este precursor se forma a partir del piruvato que se obtiene de la glucolisis en el citoplasma y que ingresa a la mitocondria, para reaccionar con la coenzima A produciendo CO_2 y Acetil-CoA. La reacción descrita es catalizada por la enzima *piruvato deshidrogenasa*, es muy exergónica (libera energía) y es prácticamente irreversible, además, la coenzima NAD^+ se reduce a NADH, un cofactor importante en la producción de ATP. Finalmente, cuando se tiene el precursor listo se desencadenan nueve reacciones acopladas en forma de ciclo que oxidan el Acetil-CoA a CO_2 (Lodish., *et al* 2009). A continuación se presenta la figura 3 – 4 mostrando las 9 reacciones del TCA y la respectiva descripción de cada una de ellas.

FIGURA 3-5: Ciclo del Ácido tricarboxílico



Tomado de http://www.bionova.org.es/biocast/tema16.htm ultima actualización Junio 7 2014).

El ciclo se inicia con la reacción de condensación del grupo acetilo de 2 carbonos proveniente de Acetil-CoA, con el Oxalacetato una molécula de 4 carbonos, lo que produce una de 6 carbonos denominada ácido cítrico. Las reacciones 2 y 3 del ciclo son el paso del citrato al isocitrato donde se da una deshidratación (salida de un molécula de agua), y una rehidratación (inclusión de una molécula de agua) con el fin de redistribuir grupos hidroxilo (-OH) e hidrógenos, estas 2 reacciones son catalizadas por la misma enzima multifunción. En las reacciones cuatro y cinco se da la reducción de NAD^+ a NADH así, como la producción de 2 moléculas de CO_2. La reacción 5 es catalizada por la enzima α-cetoglutarato deshidrogenasa la cual realiza la reducción de NAD^+ a NADH además esta reacción es similar a la que da origen al precursor puesto que hace una deshidrogenación y adiciona la coenzima A generando la formación del succinil-CoA. (Lodish., *et al* 2009).

En la reacción 6 se da la hidrólisis del enlace tioéster de alta energía que une la coenzima A al succinil lo que genera la síntesis de un GTP mediante la fosforilación del sustrato (GDP), liberando como producto succinato el cual se convierte en fumarato debido a la reducción de FAD a $FADH_2$. La reacción 7 es catalizada por la enzima succinato deshidrogenasa la cual junto con la α-cetoglutarato deshidrogenasa son proteínas integrales de la membrana mitocondrial interna, con sus sitios activos orientados hacia la matriz mitocondrial. En la reacción 8 el fumarato se convierte en malato mediante una hidratación y la reacción con la que concluye el ciclo trasforma el malato en oxalacetato mediante una deshidrogenación que reduce NAD^+ a NADH + H^+ la cual deja disponible el oxalacetato para que se una a una nueva molécula de Acetil-CoA (Lodish., *et al* 2009).

3.2.4 Transporte de electrones

La continuación de la oxidación aerobia de la glucosa, pasa por el movimiento de moléculas de NADH, producidos en el citosol en la glucolisis debe ser oxidado a NAD^+. Como ocurre con el NADH generado en la matriz mitocondrial, los electrones del NADH citosólico son transferidos en última instancia al O_2 por medio de la cadena respiratoria, en forma conjunta con la generación de una fuerza protón-motriz. A pesar que la membrana mitocondrial interna es impermeable al NADH, existen lanzaderas de electrones que pueden transferir electrones desde NADH citosólico al de la matriz. La mayoría de la energía que se libera durante de la oxidación de la glucosa a CO_2 es retenida en las coenzimas reducidas NADH y $FADH_2$ generadas durante la glucolisis y el ciclo del ácido tricarboxílico. En la respiración, se liberan electrones desde el NADH y el $FADH_2$ y finalmente son transferidos al O_2 para formar H_2O como se muestra en las siguientes reacciones:

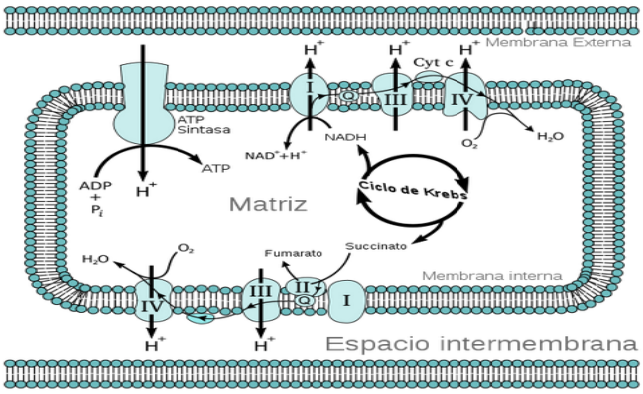
$$NADH + H^+ + ½\ O_2 \rightarrow NAD^+ + H_2O \quad [1]$$

$$FADH_2 + ½\ O_2 \rightarrow FAD^+ + H_2O \quad [2]$$

La conversión de una molécula de glucosa a CO_2 a través de la vía glucolítica y el ciclo del ácido tricarboxílico produce 10 moléculas de NADH y dos $FADH_2$, las que representan en cifras -680 kcal/mol de las potenciales de presentes en los enlaces químicos de la glucosa, donde alrededor del 90% de la energía se conserva en las

coenzimas reducidas. La mitocondria maximiza la producción de ATP al transferir electrones desde el NADH y el $FADH_2$ a través de una serie de transportadores, de los cuales todos, excepto uno, son componentes integrales de la membrana interna. La mencionada transferencia de electrones se realiza por medio de la cadena respiratoria, también llamada cadena transportadora de electrones, la cual libera la energía de las coenzimas NADH y $FADH_2$ en cantidades pequeñas y almacenarla como fuerza protón-motriz (Lodish., *et al* 2009).

FIGURA 3-6: Esquema de la cadena transportadora de electrones.



Tomado de: http://es.wikibooks.org/wiki/Bioqu%C3%ADmica/Cadena_de_Transporte_de_Electrones última actualización Junio 7 2014.

Cada uno de los cuatro complejos multiproteicos de la cadena respiratoria atraviesa la membrana mitocondrial interna y contiene varios grupos prostéticos que participan en el flujo de electrones. Estos grupos prostéticos, se encuentran específicamente asociados a moléculas orgánicas pequeñas no peptídicas como a iones metálicos. Los grupos hemo juegan un papel importante en la cadena transportadora de electrones, ya que son un grupo prostético que contiene hierro que presenta un enlace covalente fuerte a las proteínas mitocondriales y forman los citocromos. El flujo de electrones a través de los citocromos se produce por oxidación y reducción de átomos de Fe en el centro de la molécula hemo (Lodish., *et al* 2009).

En la cadena respiratoria, los electrones se mueven a través de los citocromos en el siguiente orden: b, c_1, c, a y a_3. Los diferentes citocromos tienen grupos hemo y ligandos

axiales ligeramente distintos, lo cual genera diferentes ambientes para el ion Fe y su interacción con los electrones. Debido a lo anterior, cada citocromo tienen un potencial de reducción diferente, o tendencia a aceptar electrones; lo que constituye una propiedad importante y determina el flujo unidireccional de electrones a lo largo de la cadena. La estructura general del anillo hemo en los citocromos consiste en átomos unidos en enlaces dobles y simples alternados donde los electrones extra pueden estar ubicados en átomos de carbono, nitrógeno hemo o en el ion Fe. La mayoría de citocromos de la cadena respiratoria son componentes de los complejos multiproteicos de la membrana mitocondrial interna, a excepción del citocromo c que se puede mover libremente por difusión a través del espacio intermembrana (Lodish., *et al* 2009).

Otros grupos prostéticos no hémicos son los llamados grupos de hierro-azufre los cuales se constituyen gracias a las uniones de Fe con átomos inorgánicos de S (azufre) sobre residuos de cisteína de una proteína; en este tipo de uniones la carga de los átomos de Fe varía entre +2 y +3 debido a que los electrones de las capas más externas se encuentran dispersos entre los átomos de Fe y se mueven rápidamente de un átomo a otro. Estos tipos de uniones aceptan y liberan electrones uno a la vez y el electrón adicional se dispersa sobre los átomos de Fe del grupo (Lodish., *et al* 2009).

La coenzima Q también llamada *ubiquinona,* es el único transportador de electrones en la cadena respiratoria que no es un grupo prostético unido a una proteína. La ubiquinona es un transportador de átomos de hidrógeno, de tal manera que la proteína no transporta solo electrones sino también de protones. El proceso de transporte, comienza con la forma oxidada de la quinona que puede aceptar un único electrón para formar semiquinona, un radical libre cargado denotado CoQ^{-}. La adición de un segundo electrón y dos protones a la semiquinona produce la dihidroubiquinona ($CoQH_2$) la que se constituye en la forma totalmente reducida; la CoQ^{-} y la $CoQH_2$ son solubles en fosfolípidos así que estas proteínas pueden difundirse libremente en la membrana mitocondrial interna (Lodish., *et al* 2009).

El proceso de transporte de electrones inicia con el complejo I (NADH-CoQ reductasa) quien transporta desde el NADH a la CoQ. El NAD^{+} es exclusivamente un transportador de dos electrones, puede llegar a aceptar o liberar un par de electrones a la vez. Los electrones fluyen desde el NADH a un cofactor similar al FAD denominada FMN (flavina

mononucleótido), el cual presenta la propiedad de aceptar un electrón a la vez, para pasar luego a un grupo de hierro azufre de la proteína y finalmente a la CoQ (ubiquinona). La reacción general catalizada por este complejo I es:

$$NADH + CoQ + 2H^+ \rightarrow NAD^+ + H^+ + CoQH_2 \quad [3]$$

Cada electrón transportado atraviesa una caída de potencial que genera energía, la cual se utiliza principalmente para el transporte de protones a través de la membrana de la mitocondria. El segundo complejo de la cadena transportadora de electrones es la enzima succinato deshidrogenasa la cual oxida succinato a fumarato en el ciclo del ácido tricarboxílico, es un complejo succinato-CoQ reductasa. El par de electrones liberados en la conversión del succinato en fumarato se transfieren primero al cofactor FAD y luego a un transportador de enlace hierro-azufre para finalmente ser transferidos a la CoQ. La reacción general catalizada por este complejo II es:

$$Succinato + CoQ \rightarrow Fumarato + CoQH_2 \quad [4]$$

Las moléculas de $CoQH_2$ generadas por los complejos I y II donan dos electrones al complejo III denominado $CoQH_2$-citocromo c reductasa, el que regenera la CoQ oxidada. Al mismo tiempo se libaran dos protones tomados en la cara citológica hacia el espacio intermembrana, lo que produce parte de la fuerza protón-motriz. Ya dentro del complejo III los dos electrones fluyen a través de un grupo hierro-azufre y luego a dos citocromos de tipo b (b_L b_H). Finalmente, el par de electrones se transfiere a dos moléculas de la forma oxidada del citocromo c, una proteína periférica soluble en agua que se difunde en el espacio intermembrana. La reacción general que catalizada por el complejo III es:

$$CoQH_2 + 2Cit\ c^{3+} \rightarrow CoQ + 2H^+\ 2Cit\ c^{2+} \quad [5]$$

El complejo IV es el último eslabón de la cadena transportadora de electrones y corresponde a la proteína de membrana Citocromo c oxidasa. El proceso continúa una vez se ha reducido la $CoQH_2$ a CoQ $+2H^+$, los electrones son transportados uno por uno al complejo IV (citocromo c oxidasa). Al interior del complejo los electrones son transferidos a un par de iones cobre que se encuentran cerca del citocromo a al que pasan en segundo lugar y luego pasar a otro par de iones de cobre cercanos a el

citocromo a_3 a donde son transferidos por último antes de llegar al aceptor final de electrones que es el oxígeno (O_2) y donde se da la producción de agua. Así, la reacción general descrita para cada par de electrones es:

$$2\text{Cit } c^{2+} + 2H^{+} + ½\ O_2 \rightarrow 2\text{Cit } c^{3+} + H_2O \qquad [6]$$

Además, por cada par de electrones que fluyen dentro del complejo IV, se translocan dos protones a través de la membrana (Lodish., *et al* 2009).

Los complejos de la cadena transportadora de electrones presentan características como: movilidad lateral en la membrana mitocondrial interna; se presentan en cantidades desiguales y no forman contactos estables entre los diferentes complejos. Estas propiedades tienen como consecuencia que sea imposible la transferencia o flujo de electrones de forma directa de un complejo al otro, debido a lo descrito, el mecanismo utilizado para el transporte de electrones de una proteína de membrana a la otra es: la difusión de la CoQ en la membrana y por el citocromo c en el espacio intermembranal (Lodish., *et al* 2009).

3.2.5 Gradiente electroquímico de protones

En medio del transporte de electrones desde el NADH al O_2, los protones de la matriz mitocondrial son bombeados en diversos sitios a través de la membrana mitocondrial interna; este transporte “cuesta arriba” genera un gradiente de concentración de protones a través de la membrana interna y como la membrana externa es permeable a los protones, estos la atraviesan libremente mientras, que la membrana interna no lo es, este bombeo causa que se eleve el pH de la matriz mitocondrial en comparación con el del citosol y el del espacio intermembrana, lo que desencadena un potencial eléctrico a través de la membrana interna como resultado del movimiento de protones en contra del potencial de concentración desde la matriz, la cual se carga negativamente con respecto al espacio intermembranal, como consecuencia la energía que se libera en el proceso de oxidación de las coenzimas NADH y $FADH_2$ se almacena en forma de potencial eléctrico y un gradiente de concentración de protones, donde los complejos de la cadena respiratoria bombean protones hacia afuera de la matriz mitocondrial (Lodish., *et al* 2009).

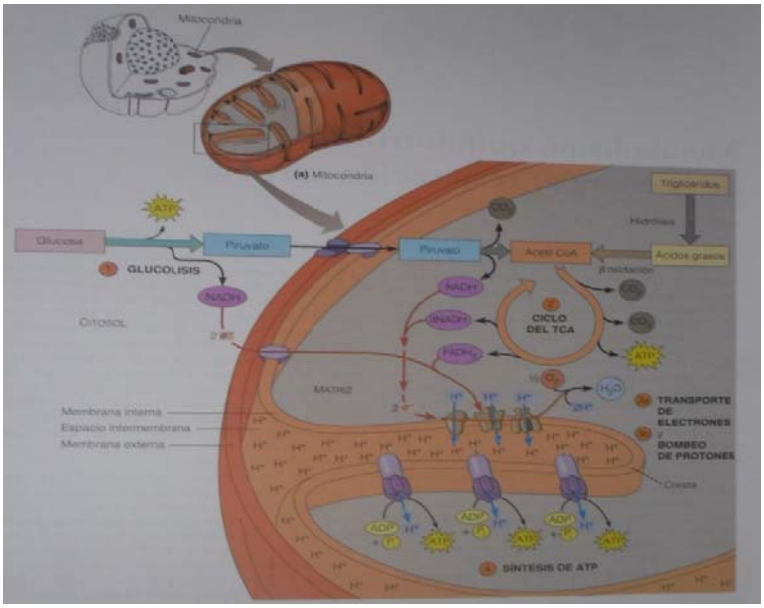
3.2.6 Síntesis de ATP

La ATP sintetasa una proteína integral de membrana, que tiene por principal función la de síntesis de ATP debido a la fuerza protón-motriz que se genera con el movimiento de protones en la cadena respiratoria y un potencial eléctrico generado por el flujo de electrones y la transformación de O_2 en H_2O. La ATP sintesa se encuentra constituida por dos complejos denominados F_0F_1 donde F_0 está constituido por 3 tipos de proteínas integrales de membrana designadas a, b y c. La subunidad c presenta una forma de anillo en forma de rosquilla en el plano de la membrana mientras que las subunidades a y b están rígidamente unidas entre sí pero no al anillo de la subunidad c. La porción F_1 es un complejo soluble en agua de cinco polipéptidos diferentes designados $\alpha_3\beta_3\ \gamma\delta\varepsilon$ los cuales se conectan con F_0 por medio de los péptidos γ y δ, el primero es como un resorte enrollado que encaja en el centro del anillo de la subunidad c y el segundo se encuentra unido permanentemente a la subunidad b (Lodish., *et al* 2009).

Cada una de las tres subunidades β en el complejo F_0F_1 completo puede unir ADP y P_i y catalizar la síntesis de ATP; sin embargo, la relación entre el flujo de protones y la síntesis es indirecta, debido a que los sitios de unión a nucleótido sobre las subunidades β de F_1, donde tiene lugar la síntesis de ATP se encuentran a 9-10 nm de la superficie de la membrana mitocondrial, por lo cual el modelo propuesto para resolver la relación indirecta es un mecanismo de cambio de afinidad de unión, el que explica como la energía liberada por el movimiento de los protones “cuesta abajo” a través de F_0 impulsa directamente la rotación del anillo de la subunidad c junto con las subunidades γ y ε. La subunidad γ actúa como una leva o eje de rotación cuyos movimientos en F_1 provocan cambio conformacionales cíclicos en la subunidades β; la rotación de la subunidad γ genera un cambio en el hexámero fijo ($\alpha_3\beta_3$) que hace pasar el sitio de unión a nucleótido por tres estados de conformación:

1. Estado O que un poco de ATP y débilmente el ADP y P_i.
2. Estado L que une ADP y P_i con mayor fuerza.
3. Estado T que une ADP y P_i tan apretadamente que forma ATP de manera espontanea y que une el ATP con mucha fuerza.

FIGURA 3-7: Resumen del proceso de respiración celular con los 4 grandes pasos. Glucolisis, Ciclo del Ácido tricarboxílico, cadena transportadora de electrones y síntesis de ATP.



Tomado de Becker., *et. al 2007*

Una rotación final subunidad γ retorna las subunidades β al estado O en donde el ATP formado es liberado para que, las subunidades estén listas para un nuevo ciclo. Hay que tener en cuenta que el ATP y ADP también se fijan a sitios alostéricos o reguladores sobre las subunidades α; este tipo de uniones afecta o modifica la velocidad de la síntesis de ATP de acuerdo con los niveles de ATP y ADP en la matriz mitocondrial aunque esta unión no haga parte directa en la síntesis de ATP (Lodish., *et al* 2009).

3.3 Fundamento pedagógico

Durante el siglo XVI, quien poseía algún tipo de destreza o conocimiento se denominaba “Maestro” y quienes aprendían de él eran “aprendices”; esta concepción se refería principalmente a las artes u oficios, la concepción desde el punto de vista práctico del aprendizaje, luego para el siglo XVIII en plena ilustración o siglo de las luces hubo otro cambio en la concepción de las relaciones de enseñanza aprendizaje, la cual aún en el siglo XXI puede encontrarse en las prácticas educativas y es la de “profesor” quien profesa en el caso del aula la verdad enciclopédica y el “alumno” representa la persona

sin luz, sin conocimiento a la cual el profesor le lleva la luz del conocimiento esto último se refuerza con los estudios de conducta del XIX donde se establece que los aprendizajes se pueden obtener por repetición de conductas positivas evitando siempre las negativas.

Las investigaciones sobre el aprendizaje que realizó Jean Piaget, estudiando el desarrollo del pensamiento en el niño desde un punto de vista psicológico y biológico, permitió identificar las siguientes etapas: 1. La etapa de los reflejos o ajustes hereditarios, se da en el recién nacido y lactante; 2. La etapa de las primeras costumbres motrices, primeras percepciones motrices y sentimientos, se da desde los 6 meses hasta el año y medio; 3. La primera infancia de los 2 a los 7 años, o la etapa de las sensorio – motriz o práctica anterior al lenguaje se da de un año y medio a dos años; 4. la etapa de la inteligencia intuitiva de los sentimientos interindividuales espontáneos y de las relaciones de sumisión al adulto, se da en la segunda parte de la Infancia de los 2 a los 7 años; 5. La etapa de operaciones intelectuales concretas (donde inicia la lógica), se da en la etapa pre-adolescente de los 7 a los 12 años y 6. La etapa de las operaciones intelectuales abstractas que se dan durante la adolescencia (Piaget 1964). De los estudios realizados por Piaget se deriva un cambio en la forma de abordar el aprendizaje del niño y de los estudiantes en el aula.

Con Piaget hay un cambio en la génesis del conocimiento del niño, pues muestra que por más pequeño que sea, puede realizar construcción de conocimiento, siempre dentro de su etapa de desarrollo y a la vez explica cómo se da el avance dentro de las etapas y utiliza un modelo biológico, en donde establece que el niño en su desarrollo pasa de un estado menos equilibrado a uno de mayor equilibrio y el paso de un estado a otro lo da el conocimiento que adquiere el niño y desequilibra su estado; para encontrar nuevamente el equilibrio tiene necesariamente que pasar a un nuevo estado, hasta llegar a lo que Piaget llama “equilibrio móvil” donde expresa que en el nivel superior de inteligencia y afectividad hay que moverse mucho para mantener la estabilidad. Lo anterior cambia sustancialmente la forma de abordar los procesos de enseñanza-aprendizaje, desencadenando todas las investigaciones que realizara la escuela constructivista donde se resignifican las relaciones que se dan en el aula y se pasa a tener nuevos actores como lo son el “Docente” y el “estudiante”.

Incluso Piaget va más allá en su Epistemología genética, donde establece que en algunos casos las construcciones de nociones y operaciones en el desarrollo del niño permite responder cuestiones planteadas por la ciencias en lo concerniente al conocimiento y muestra un ejemplo donde Einstein le pregunta a Piaget si dentro del desarrollo del niño el concepto de velocidad se establece teniendo en cuenta el tiempo, Piaget realiza la investigación y establece que la formación del concepto de velocidad, está más asociado en el niño con la posición de los móviles y las posibilidades de adelantamiento entre ellos que con el tiempo, de allí que al ver los resultados, dos investigadores franceses encontraron los puntos de partida para establecer desarrollos de la teoría de la relatividad sin tener en cuenta el tiempo, con lo que muestran que el pensamiento del niño puede ayudar a esclarecer problemas dentro del pensamiento científico y además que algunos conceptos difieren entre el pensamiento del niño y los desarrollos científicos.

Todo esto establece un giro en la forma de abordar el aula ya que, muchos educadores e investigadores de la enseñanza toman las ideas de Piaget y las llevan al aula y aunque han surgido muchas teorías en los últimos 50 años el punto de partida está en la que hizo Jean Piaget a la psicología del niño y como ello nos ha dado mejores herramientas para abordar nuestras actividades en el aula y es a partir de todo este conocimiento acumulado que surge la Didáctica como una importante herramienta de la Pedagogía y llevara a la práctica muchos de los modelos pedagógicos que existen en la actualidad.

La estrategia metodológica que se utilizará en el presente trabajo de grado es la que utiliza la didáctica de las ciencias naturales con enfoque constructivista, donde los cuestionamientos que direccionan la reflexión docente son: ¿Qué enseñar?, ¿Para qué enseñar?, ¿Cómo enseñar? ¿Cuándo enseñar?, ¿Cómo evaluar? Sobre estos interrogantes se elabora un material acorde con el contexto de los estudiantes teniendo en cuenta sus formas de aprendizaje y a la vez relacionándolas, con las formas de enseñanza que practican los docentes de ciencias naturales de la institución educativa Ciudadela Educativa de Bosa.

Utilizado el material elaborado como herramienta didáctica con un enfoque desde la enseñanza de las ciencias, como una manera clara de retroalimentar la actividad docente y aportar en su mejoramiento, con procesos educativos holísticos que rompan con el

paradigma de enseñanza disciplinar de contenidos, por acumulación de información o por transmisión de conocimientos desde el docente, en cambio poder generar practicas pedagógicas que desarrollen las formas de pensamiento en ciencias donde es importante, mostrarle a los estudiantes el mundo a través de interrogantes que posiblemente no tengan una sola respuesta y más bien le abran su visión del mundo a más preguntas, pero que si pueden ayudarles a interpretar el momento histórico, cultural y social en el que viven.

3.3.1 Antecedentes de investigación en didáctica de las ciencias naturales

A finales de la década de los 90's las investigaciones en didáctica de las ciencias identifica múltiples dificultades al interior de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias de los cuales se mencionan: la estructura de las clases por contenidos, exigencia formal en torno de los contenidos y el influjo de los pre-conceptos de los estudiantes. Por tal razón se ha visto un interés importante en aspectos como *las concepciones epistemológicas* de los estudiantes, así como a las diferentes formas de razonamiento y en último a lograr procesos de metacognición en los estudiantes (Campanario & Moya 1999).

Las diferentes investigaciones han llevado a un desplazamiento del trabajo en didáctica de las ciencias hacia centros de interés basados en las concepciones epistemológicas de los estudiantes, las que muestran: como se estructura, como evoluciona y como se produce el aprendizaje del conocimiento científico, puesto que muchos estudiantes relacionan el conocimiento científico con ecuaciones y definiciones que hay que memorizar sin que se busque una comprensión de las mismas, más aún, no se relaciona el conocimiento científico con la vida diaria de los estudiantes. El otro centro de interés está relacionado con las estrategias de razonamiento o metacognición ya que los estudiantes cuando analizan problemáticas referentes a la ciencia lo hacen utilizado razonamientos y metodologías de forma superficial, que en la mayoría de los casos se encuentra mediada por el conocimiento cotidiano, el cual no es de gran utilidad cuando se trabaja con contenidos científicos. Además de lo anterior, un problema adicional es que la capacidad de relacionar diferentes conocimientos es bastante pobre y presentan limitaciones alrededor del planteamiento de problemas de comprensión, en donde los

estudiantes, no saben ni siquiera que es lo que saben y que no. Por otro lado, se tiene muy arraigado en las aulas el modelo trasmisión de conocimiento, donde se hacen las siguientes suposiciones: primero que enseñar es un proceso sencillo que no requiere preparación, segundo que el proceso de enseñanza es una simple trasmisión y recepción de conocimientos elaborados y tercero que el fracaso en ciencias se debe a los propios estudiantes que no tienen el nivel de comprensión o que no tienen la capacidad para aprender ciencias (Campanario & Moya 1999).

Así una problemática abierta en la didáctica de las ciencias es: ¿Cómo enseñar más eficazmente?, para que los estudiantes manejen conceptos e información que les permita entender un fenómeno biológico, químico o físico, para lo cual es importante cambiar la noción de “métodos de enseñanza” ya que estos dan la idea de ser acabados y sin posibilidad de cambio.

El concepto de “estrategias de enseñanza” es dinámico, posibilitando cambios y los ajustes referidos al contexto o a las necesidades puntuales de los estudiantes a los que se pretende enseñar además, las estrategias de enseñanza se concretan en “actividades de enseñanza” en donde se manejan varios aspectos didácticos como: la intencionalidad de la actividad, la información que han de manejar los estudiantes, los medios que se utilizaran para presentar la actividad y que aprendizaje se busca conseguir, lo anterior trasciende, más allá de lo meramente didáctico de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y abre el espacio para la construcción desde la didáctica del currículo para dar lugar a un proceso eficaz de enseñanza de las ciencias donde se tengan en cuenta las particularidades de los contextos y no se limite a los docentes a ser simples imitadores de modelos pedagógicos y estrategias didácticas (Campanario & Moya 1999).

Campanario & Moya en su trabajo del año 1999, presentan diferentes enfoques que se han trabajado durante el siglo XX en la didáctica de las ciencias, los cuales se presentaran de forma sintética en los próximos párrafos en el siguiente orden:

a) Enfoque tradicional
b) Aprendizaje por descubrimiento
c) Enseñanza basada en la resolución de problemas
d) Aprendizaje a través del uso de problemas

e).El cambio conceptual con ideas constructivistas
f).El enfoque basado en investigaciones dirigidas
g).Desarrollo de capacidades metacognitivas
h) Diseño de unidades didácticas

a) El enfoque "tradicional" de enseñanza en ciencias concibe al estudiante como una "*tabula rasa"* en donde como consecuencia se tenía una programación exclusiva por contenidos de aprendizaje, donde el docente es quien tiene la última palabra dentro del aula de clase y es él quien determina los ritmos y las dinámicas en su interior (Campanario & Moya 1999).

b) El aprendizaje por descubrimiento es un enfoque didáctico, desarrollado por la escuela pedagógica constructivista en su enfoque cognitivo, su fundamentación se basa en la teoría psicológica de Jean Piaget, en donde el niño, a través de su exploración autónoma, realiza descubrimientos que le permiten generar y desarrollar conocimiento significativo, sin embargo, todo este enfoque encuentra su base en el interés particular del estudiante y el docente opera solamente como un orientador del proceso lo cual no permite secuencialidad en los procesos de enseñanza y por otro lado el desarrollo autónomo presenta dificultades, como estar a tientas sin tener un objetivo o intención para el aprendizaje (Campanario & Moya 1999).

c) La estrategia de resolución de problemas establece un ambiente donde el docente plantea cuestionamientos acerca de una situación problemática o de una situación hipotética que pueda ser observable. Esta situación desencadena la elaboración de conocimiento por parte de los estudiantes a partir de sus concepciones antes de solucionar el problema y después de hacerlo recogiendo sus experiencias y explicaciones logradas de las situaciones en las que se ve envuelto sin embargo, lo complejo de este enfoque es encontrar problemas amplios que puedan ser integradores de conocimiento y que a la vez se encuentren relacionados con el contexto de los estudiantes y la otra gran dificultad es pretender que los estudiantes puedan abordar problemas que los lleven a elaborar directamente conocimiento científico sin tener en cuenta componentes psicológicos del desarrollo de los estudiantes y tampoco el desarrollo epistemológico de las ciencias naturales (Campanario & Moya 1999).

d) La enseñanza de las ciencias basada en el uso de problemas, es una estrategia que se plantea para fomentar el aprendizaje de las ciencias a nivel universitario, la estrategia se basa en la utilización de unidades didácticas articuladas con colecciones de problemas, sin embargo, los problemas tienen que seleccionarse cuidadosamente y de manera secuencial para que efectivamente sean útiles dentro del aprendizaje de las ciencias. Dentro del concepto de "problema" la estrategia permite que entren actividades como pequeños experimentos, conjuntos de observaciones o tareas de clasificación lo que se relaciona con metodologías tradicionales o en los estudios de caso que utilizan en las cátedras anglosajonas de forma clásica. La aplicación de este enfoque a niveles universitarios da una buena experiencia para intentar su realización a otros niveles educativos diferentes, donde esta estrategia ha mostrado el fomento de aprendizaje autorregulado con procesos autónomos. Además, el análisis de problemas genera en los estudiantes la creación de modelos mentales a partir del enunciado y al tiempo que va explorando y analizando el problema, encuentra que su modelo mental inicial es incompleto y requiere de complementos o direccionamientos diferentes que enriquezcan su aprendizaje y muestran a los estudiantes otras formas de ver una misma problemática y si lo anterior se complementa con trabajo cooperativo con pares y orientación del docente, hace de este enfoque didáctico una buena alternativa para procesos de metacognición. En este enfoque didáctico se pretende que la sucesión organizada de problemas genere aprendizaje sobre contenidos de una disciplina dada con cierto rigor y enfoque del pensamiento científico. Las limitaciones que puede llegar a tener este enfoque, se refieren a la preparación de los profesores ya que, no se requiere solamente una selección de problemas relacionados con un contenido dado, sino que se tiene que realizar un seguimiento y orientación de los estudiantes para no perder el objetivo del trabajo y se espera que a medida que se va trabajando se logre despertar el interés y autonomía en los educandos (Campanario & Moya 1999).

e) El cambio conceptual con ideas constructivistas es otro enfoque didáctico que se ha utilizado en la enseñanza de las ciencias naturales, la cual se fundamenta en las ideas desarrolladas por Kunh y Lakatos en sus trabajos relacionados con la epistemología de la ciencia y como el cambio de un paradigma o idea en ciencia se fundamenta en la posibilidad de falseación de la misma por medio de un experimento crucial que permite la apropiación de una hipótesis; su aplicación en la enseñanza la realiza la escuela constructivista por medio de las ideas de cambio conceptual donde los maestros ponen

en crisis el o los conocimientos que presenta el estudiantes sobre determinado tema o situación a través de razonamientos lógicos o experimentos. A través de estas acciones el estudiante cambia su forma de pensar y las ideas que tenía sobre una situación; de esta manera forma un criterio científico en sus concepciones. Una dificultad grande dentro de la aplicación de este enfoque es la de un cambio en la formulación del currículo ya que tiene que generar espacios para la discusión crítica, donde las ideas de los estudiantes sean la fuente de debate y la formación de criterio científico en los estudiantes, con una orientación multidisciplinar (Campanario & Moya 1999).

f) El enfoque didáctico basado en investigaciones dirigidas establece por uno de sus defensores Daniel Gil que existe un abismo entre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y la forma como se construye el conocimiento científico. En consecuencia, se plantea que así como los "*científicos novel"* tienden a adquirir experiencia cuando se integran a grupos de investigación donde les es asigna una investigación que es dirigida por un científico experimentado que ejerce el papel de tutor, en cierta medida se retoma la idea del maestro con su aprendiz como ocurría con las artes, la filosofía, entre otras, en tiempo de los griegos o en el renacimiento. Este enfoque establece una forma de trabajo que tiene la siguiente organización: primero, plantear situaciones problemáticas, que se encuentren dirigidas a generar el interés de los estudiantes y den una visión global del tema; segundo, realizar trabajo cooperativo de consulta bibliográfica acerca del problema, para contribuir en su delimitación y explicación de las ideas; tercero, seguir las orientaciones científicas de planteamiento de hipótesis, experimentación, presentación de resultados y conclusiones y cuarto, desarrollar nuevos conocimientos, profundizarlos y afinarlos, para relacionarlas con diferentes áreas del conocimiento. En este enfoque didáctico se propende más por un cambio actitudinal en los estudiantes donde por medio del desarrollo de la investigación misma, se van construyendo conocimiento y el seguimiento por parte del docente tutor de la investigación, es vital para mantener el interés y mostrarle al estudiantes sus avances positivos, como también las falencias que presenta el trabajo, lo cual estructura el pensamiento y el aprendizaje en ciencias, teniendo en cuenta los conceptos de otros actores como sus pares y tutores (Campanario & Moya 1999).

g) El desarrollo de capacidades metacognitivas a través de la enseñanza de las ciencias, plantea la metacognición como una herramienta de aprendizaje o de relación del conocimiento científico con otras áreas del conocimiento o también puede ser tomada como un fin en sí misma, para la enseñanza en ciencias, ya que por medio de ambientes enriquecidos con conocimientos o saberes de otras disciplinas, se pueda llegar a encauzar, direccionar o enfocar conceptos propios de la ciencia.

Así, por medio de la enseñanza de las ciencias los estudiantes pueden llegar a adquirir destrezas con relación a pensamiento convergente en donde se argumenta en defensa de una hipótesis, en la experimentación como un medio de comprobación de ideas o modelos, procesamiento de la información, uso de la comparación textual y extracción de información de diferentes fuentes. Las actividades en el laboratorio, requieren de la formulación de inferencias, capacidades predictivas, de observación y de comparación, las cuales no pueden ser enseñadas de forma teórica, solamente la práctica directa permite estos desarrollos, donde los docentes median entre las predicciones y observaciones de los estudiantes que configuran sus preconceptos y las explicaciones surgidas muchas veces son inadecuadas con respecto al conocimiento científico, es allí donde el docente tiene un papel importante, guiando al estudiante, en el camino de contrastar sus ideas con las enunciadas en la visión científica encontrando su fundamento y aprendiendo del trabajo científico (Campanario & Moya 1999).

h) Por último, dentro de la didáctica para la enseñanza de las ciencias, se ha trabajado de manera importante en propuestas para el diseño de unidades didácticas, como una forma de llevar al aula de forma práctica. Los desarrollos teóricos entorno a la didáctica de la ciencias que han generado un marco conceptual amplio para el trabajo “macro” en la enseñanza, mientras, que para las particularidades y el trabajo puntual o “micro” que se da directamente en las aulas se presentan las unidades didácticas como un desarrollo importante (Campanario & Moya 1999). Autores como Sánchez y Valcárcel presentan series detalladas acerca del diseño de unidades didácticas para ciencias experimentales en donde plantean un modelo que tiene en cuenta cinco aspectos: el análisis científico, análisis didáctico, selección de objetivos, selección de estrategias didácticas y selección de estrategias de evaluación. En el análisis científico, se hace la selección de los contenidos y delimitación de los esquemas conceptuales, la relación con el conocimiento científico y las prácticas probables desde el método científico. El análisis didáctico, se

encuentra encaminado a averiguar las ideas previas de los estudiantes, analizar las exigencias cognitivas de la población, de los contenidos y delimitar las implicaciones de la enseñanza. En la selección de las estrategias didácticas los autores sugieren la secuenciación de todo el proceso de enseñanza, diseño de actividades y material para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias (Sánchez & Valcárcel 2003).

En el mundo actual se establece cada vez más la relación que existe entre la Ciencia, la Tecnología, la educación en ciencias naturales y su contribución a cambios sociales, culturales e incluso económicos encaminados a la formación integral de las personas, al desarrollo de sus pueblos, dentro de su contexto local aunque, sin olvidar la realidad global.

La escuela no es ajena a los cambios que se dan a su alrededor y de hecho ella en la actualidad es heterogénea y diversa al igual que los estudiantes que hacen parte de ella, además, el contexto social que viven los estudiantes es complejo y atravesado por muchas problemáticas como por ejemplo, las relaciones familiares, con sus pares, lo que ven a través de internet y el ataque de las drogas a los jóvenes por mencionar algunas. Lo anterior y factores como la interculturalidad, el aumento de la escolaridad obligatoria, las problemáticas de convivencia, la pérdida del rol de autoridad y el manejo de las nuevas tecnologías por parte de los estudiantes establecen un reto para los docentes (Mellado, 2003).

Los sistemas educativos han realizado ajuste curriculares que están dirigidos a mejorar la calidad de la educación sin embargo, se mantienen las viejas estructuras, haciendo que los docentes aparezcan como figuras que tiene que aplicar los cambios a manera de técnicos, lo cual representa un problema puesto que el profesorado no realiza acciones autómatas, sino todo lo contrario: los profesores tienen actitudes, valores y lo más importante son capaces de tomar decisiones frente a los contextos sociales y profesionales en los que trabajan. El mejoramiento de la enseñanza de las ciencias radica en el cambio que se pueda realizar en la formación de los docentes (Mellado, 2003).

Un punto importante de partida es el de establecer la relación que existe entre la filosofía de las ciencias y la formación de docentes, por ejemplo durante los años 80's se excluyó totalmente la filosofía de las ciencias de la formación de los profesores y como consecuencia se obtuvo una generalizada concepción positivista de las ciencias. Lo que llevo que en los inicios de los 90's, se introdujeran conceptos sobre la naturaleza de las ciencias en la formación docente. En la actualidad, existen diferentes líneas de investigación que involucran la filosofía de las ciencias con la didáctica de las ciencias, en donde se establecen relaciones entre la epistemología de la ciencia disciplinar y la epistemología de la ciencia del aula o escolar (Mellado, 2003).

La analogía educativa entre la filosofía positivista y el cambio, se refiere a como en varias de las acciones que promueve el sistema está la de hacer que los profesores cambien sus prácticas de aula por medio de capacitaciones, en las cuales los expertos trasmiten la forma de enseñar, esperando que la teoría se aplique tal cual en la práctica, sin embargo, no resulta de esa forma entre otras cosas porque hay una separación entre el conocimiento académico y el proposicional, en la formación de los maestros y ello desencadena que la enseñanza se oriente con un enfoque artesanal el cual establece que conocimiento en enseñanza se aprende por imitación, observación, ensayo y error (Mellado, 2003).

Además, los planteamientos teóricos de las acciones que ha de realizar un docente dentro del aula se encuentran idealizadas, o dentro de un supuesto de número de estudiantes, edad de los mismos y escala social sin embargo, en las aulas se encuentra pluralidad y múltiples situaciones que no pueden ser transmitidas de un teórico de la educación a un profesor que día a día se enfrenta con el reto de enseñar en la práctica, teniendo que actuar y tomar decisiones que, en algunos casos afecta su vida personal.

Uno de los principales problemas de formación del magisterio es que se basa en un conocimiento centrado en lo académico, donde el objeto de la enseñanza que es aprendizaje exclusivo de los contenidos, sin reflexionar acerca de los procesos de elaboración de conocimiento por parte de los estudiantes y menos se tiene en cuenta a la pedagogía como objeto de estudio. Las reformas educativas no surten efecto debido a que los profesores son muy escépticos porque piensan que pueden ser buenos profesores utilizando diferentes estilos y estrategias docentes diferente (Mellado, 2003).

Otra de las analogías establecidas es la falseación establecida por Karl Popper en la que las teorías son puestas a prueba a través de experimentos cruciales que pueden llegar a contradecirlas. De forma análoga en educación lo que se hace con el profesorado es generar inconformidad e insatisfacción por las viejas concepciones para de esta manera potenciar el cambio. Sin embargo, los cambios generados por esta forma de analogía en muchos casos, lo que establecen son marcos en los cuales los profesores no controlan los cambios en las concepciones y estrategias de trabajo en el aula además, de ser sujetos de criticas constantes por su actividad en las aula, sumado a lo anterior son saturados con múltiple información que hace que se sientan: frustrados, culpables o desanimados frente a su trabajo de aula (Mellado, 2003).

El enfoque de cambio conceptual en la formación de los docentes se basa en generar cambios desde el propio docente mostrando de forma mediada que dentro de su teoría personal existen aspectos ventajosos que es posible potenciar y que hay al mismo tiempo desventajas que es posible reemplazar por estrategias y recursos útiles en sus prácticas diarias en el aula y lo más importante que generan el aprendizaje de sus estudiantes (Mellado, 2003). Este cambio conceptual en Colombia se encuentra mediado por las políticas estatales, puesto que estas cambian de gobierno en gobierno de turno así, el profesorado tiene que adaptarse a ellas por qué se ve obligado a ello, y por lo general las políticas públicas en educación se basan, en copiar un modelo exitoso de otro país sin ni siquiera pensar en el contexto local el cual es muy diferente.

Por otro lado, se establece que los cambios en los docentes son difíciles de consolidar debido a que sus conductas y formas de enseñanza están fundamentadas en la práctica además, los docentes también presentan la concepción de enseñar como a ellos les enseñaron lo cual genera sesgos generacionales con los estudiantes y con los nuevos recursos y estrategias que pueden ser utilizadas en el aula y otro factor que contribuye a la resistencia al cambio, es que cuando no se fortalece una nueva propuesta, siempre se regresa a la práctica anterior. Otros factores que influyen en la resistencia a los cambios en didáctica, son en la educación básica primaria existe en los docentes escasa formación científica lo que genera “analfabetismo funcional” respecto al contexto científico y una mayor dependencia a los libros de texto lo que es una barrera para el cambio didáctico ya que, el docente se siente inseguro y no tiene la autoconfianza para

enseñar ciencias o generar procesos de óde los estudiantes con el fin de identificar dificultades en el aprendizaje de los estudiantes y actuar en consecuencia, ideando formas alternativas de enseñanza o desarrollando actividades innovadoras en el aula (Mellado, 2003).

3.3.2 Antecedentes de investigaciones en la enseñanza de la respiración

Se han realizado trabajos prácticos en el aula en los cuales se exploran las concepciones de los estudiantes acerca de los conceptos de respiración y fotosíntesis. Buscando explicar la génesis misma de los conceptos y al vez que encontrar errores conceptuales o concepciones parciales o superficiales alrededor de los procesos de biológicos de la respiración y la fotosíntesis. Estos trabajos de reporte de las experiencias se iniciaron en la década de 80's mostrando una estrecha relación entre los conceptos de respiración y la fotosíntesis y múltiples confusiones conceptuales en el aula con los dos conceptos, así, que en los siguientes párrafos se presentaran los resultados de la compilación donde se relacionan los conceptos mencionados con la nutrición de las plantas, según las interpretaciones de estudiantes en el aula dentro del marco de su educación secundaria (Charrier *et al.* 2006).

Las definiciones brindadas por los estudiantes en torno a la respiración son similares a las dadas para la fotosíntesis y guardan escasa relación con el concepto escolar. Una primera concepción está relacionada con la ausencia de respiración en las plantas, una alternativa que se da a este concepto es que las plantas solo respiran de día. Otro concepto relacionado es el de intercambio de gases visto como la respiración misma; los estudiantes no establecen el lugar donde se da la respiración, la tienen restringida solamente a los órganos que se encuentran en contacto con el aire; por lo que se evidencia un falta total de relación del concepto de respiración en términos microscópicos ya que muy pocas veces se menciona la mitocondria como un organelo responsable de las reacciones bioquímicas de la respiración. Los estudiantes establecen que la respiración solo se da en órganos del sistema respiratorio y establecen diferencias entre la respiración en animales y en vegetales. Otra concepción del estudiantado es la de confundir el papel que tienen el oxígeno y el dióxido de carbono dentro del proceso respiratorio, se tiende a pensar que el oxígeno es fuente de energía y que el dióxido de

carbono que eliminamos es el mismo que entró durante la inhalación; así, mismo los estudiantes conciben en su mente que el oxígeno que las plantas producen en la fotosíntesis es utilizado en la noche para la respiración como si los procesos fuesen alternos y más aún que no se pueden dar en simultáneo, tanto así que la respiración depende exclusivamente de la fotosíntesis. Una concepción bien arraigada en los estudiantes es la siguiente: “las plantas absorben dióxido de carbono y eliminan oxígeno”, siendo para ellos válido decir también que en la respiración se da el proceso contrario: “el dióxido de carbono siempre sale del cuerpo y el oxígeno siempre entra”, esto lo asocia a una transformación del oxígeno en dióxido de carbono sin la mediación de ninguna sustancia. Por último, el estudiantado de forma generalizada desconoce que la respiración es un proceso que utilizan los seres vivos en la obtención de energía (Charrier *et al.* 2006).

Algunos de los posibles factores que originan los concepciones mostradas por los estudiantes, son los que se exponen a continuación: una deficiente formación científica de los docentes alrededor del tema de respiración; inadecuada o insuficiente preparación didáctica del profesorado; currículo no actualizado o enfocado en planteamientos tradicionales; mallas curriculares o planeaciones de clase basadas en contenidos, sin la actualización debida; influencias negativas del conocimiento cotidiano y del contexto sociocultural que viven los estudiantes; transmisión de gran cantidad de información por parte de los docentes que resulta superflua para la comprensión del proceso de respiración; dificultades en llevar un concepto microscópico a un contexto macro; deficiencias para describir un fenómeno biológico en un contexto químico o por medio de reacciones bioquímicas; concepciones antropocéntricas que presentan al hombre como el modelo de los organismos vivientes descartando lo que pasa con otros organismos o se desconoce los procesos que se dan en ellos, un ejemplo de ello es el generalizado desconocimiento de la respiración en las plantas; el múltiple uso de términos en los libros de texto o en la información que consultan los estudiantes para un mismo concepto, por ejemplo; es posible encontrar en la literatura escolar términos como: respiración interna, respiración externa, respiración celular, respiración aerobia, por nombrar algunas, lo que causa confusión en los estudiantes. Las confusiones dadas con el concepto de fotosíntesis, generadas por libros de texto que muestran los procesos de respiración y fotosíntesis con la misma ecuación química solo cambiando los sentidos de las flechas

dentro de la reacción general, haciendo que los estudiantes interpreten los procesos como alternativos y que no es posible que se puedan dar al mismo tiempo; planteamiento errado de los planes de estudio de ciencias naturales en todos los niveles educativos (inicial, primaria, secundaria, media y universitario); temprana inclusión de estos temas (fotosíntesis y respiración) en los diseños curriculares; propuestas de enseñanza-aprendizaje basadas en concepciones tradicionales donde se privilegia la memoria, la repetición con exceso de términos científicos, con muy pocas actividades prácticas que involucren a los estudiantes con los procesos que se dan en la respiración; la utilización de estrategias fundamentadas en el aprendizaje por descubrimiento tienden a llevar al estudiante a descubrir fenómenos biológicos que ocurren a nivel celular y por último se tiene que en los programas de formación de docentes se dedican pocas horas a la formación en biología (Charrier *et al.* 2006).

4. Metodología

4.1 Estrategia metodológica

1. Generar una encuesta dirigida a evaluar los pre-conceptos, concepciones y percepciones sobre la temática de respiración celular en estudiantes de secundaria.

2. Realizar un sondeo a docentes de ciencias naturales, enfocado en buscar información, referente su visión respecto a la enseñanza del concepto de Respiración Celular y los problemas que se presenta en las aulas.

3. Basado en la información recolectada a través de las encuestas a estudiantes y docentes, así como en la consulta del marco conceptual, se elaborará el diseño de la herramienta didáctica.

4. Construcción de un juego didáctico que relacione el concepto de respiración celular con actividades cotidianas que realizan los estudiantes, con el fin de integrar conceptos biológicos a niveles celular, sistémico, organísmico y Ecosistémico.

5. Resultados y Análisis de Resultados

5.1 Tabulación de encuestas

Se realizara el reporte de la información con su respectivo análisis para cada una de las preguntas realizadas en las encuesta a docentes como en la encuesta hecha a estudiantes mostrando las figuras donde haya lugar. Los datos colectados son la base para el diseño de la estrategia didáctica sobre respiración celular y los conceptos relacionados con ella, con el fin de hacer más eficaz la enseñanza de las ciencias en este tema en particular.

5.1.1 ENCUESTAS A ESTUDIANTES

Las encuestas a estudiantes se elaboraron, por medio de la aplicación de Google Drive, con el diseño de un formulario de 10 preguntas, que los estudiantes podían responder en línea, contiene la información suministrada por 59 estudiantes de los grados 6° y 10°.

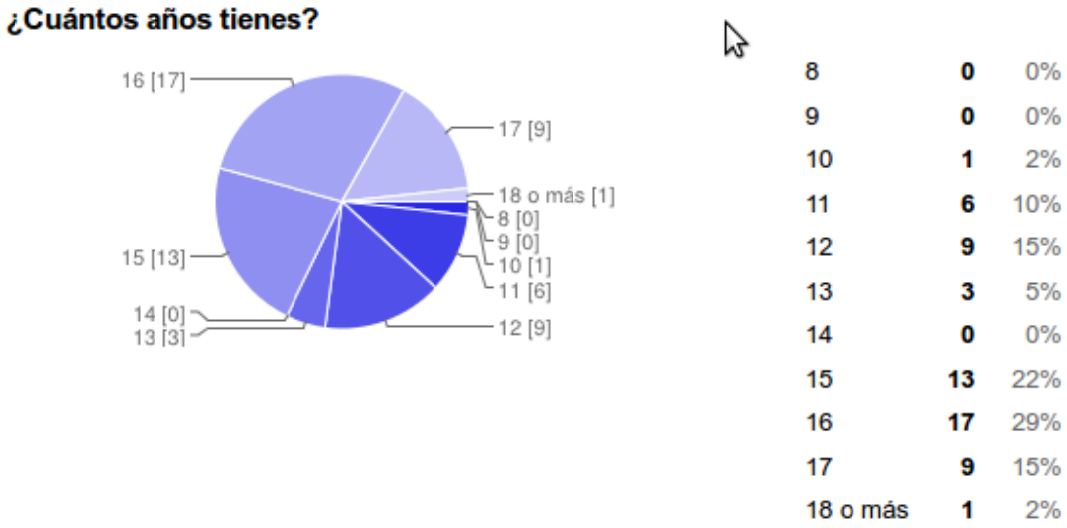
PREGUNTAS 1 Y 2 RANGO DE EDAD Y ESCOLARIDAD

A través de esta pregunta se establecieron los rangos de edad de 6° entre los 10 a 13 años aunque con casos extra edad hasta de 15 años. Por otro lado, se tienen los estudiantes de 10° que tienen un rango de edad que va desde los 15 años hasta extra edad de 18 años o más.

La intencionalidad de hacer la encuesta a grupos de edad diferentes buscaba tener un grupo de estudiantes con grado de escolaridad diferente, donde el 6° presenta un escaso conocimiento de los procesos que se dan dentro de la respiración celular y un grupo control (10°) que ya paso por los niveles escolares en los que se tratan las temáticas relacionadas con los procesos bioquímicos de la respiración en sus niveles fisiológico, sistémico y celular. Debido a lo anterior se establecen dos grupos focales lo que servirá

para recoger información acerca de concepciones previas en los estudiantes de 6° y los conceptos elaborados que tienen estudiantes de 10° que aportaran en la elaboración de la herramienta didáctica.

FIGURA 5-1: Relación de Edades de 6° y 10° encuestados con sus porcentajes



PREGUNTA 3 PRECONCEPTOS SOBRE RESPIRACIÓN

¿Cuándo escuchas la palabra "Respiración" en que piensas?

Se estableció una pregunta abierta en donde los estudiantes, pudieran expresar libremente sus pensamientos o los conceptos que relacionan con el término respiración. Se encontró que los estudiantes en su mayoría mencionan el oxígeno como un elemento asociado al proceso respiratorio y en general a los procesos que sustentan la vida, un ejemplo es la respuesta: “pienso en el intercambio de gases O_2 y CO_2 al interior del sistema respiratorio”, así la mayoría de estudiantes asocian la respiración con pulmones, intercambio de gases, vida, oxígeno, incluso con el corazón. Es de resaltar en las respuestas es que ningún estudiante relaciona la respiración con procesos que impliquen producción de energía.

PREGUNTA 4 EXPLICACIONES SOBRE LA RESPIRACIÓN

¿Por qué respiramos?

Las explicaciones que dan los estudiantes están totalmente enfocados a los seres humanos, lo cual coincide con lo observado por Charrier et al. 2006 con relación a las concepciones antropocéntricas de la respiración. Se asocia además, la respiración a procesos vitales, que en palabras de ellos se representan así: “porque si no respiramos no vivimos”, con ideas similares se presenta también el oxígeno como una sustancia fundamental del proceso relacionada con órganos del sistema respiratorio como los pulmones, lo que muestra que tanto par el 6° como para 10°, las explicaciones referidas a la respiración se limitan a hacer referencia a procesos vitales, su relación con órganos internos y al intercambio de gases mostrando un conocimiento pobre de la respiración desde el punto de vista tisular y celular así como, un absoluto desconocimiento de la relación de la respiración con la nutrición.

PREGUNTA 5 RELACION DE LA RESPIRACIÓN CON LAS PLANTAS

¿Las plantas respiran?

A esta pregunta el 100% de los estudiantes respondió que las plantas si respiran lo que fue algo sorpresivo ya que la literatura consultada menciona que uno de los preconceptos errados de los estudiantes es manifestar que las plantas no respiran lo cual no aplica para las poblaciones encuestadas.

PREGUNTA 6 RELACION AFIRMATIVA ENTRE RESPIRACIÓN Y LAS PLANTAS

Si la respuesta a la pregunta anterior fue "SI" explica como respiran las plantas

En esta pregunta los estudiantes tienen dos diferentes tendencias, los estudiantes de grado sexto y de menor edad tratan de explicar la respiración de las plantas por medio de la respiración en los seres humanos con respuestas como la siguiente: “Ellas Necesitan crecer así como los humanos y ellas también reciben la respiración que les otorga el oxígeno” otras respuestas van relacionadas con el intercambio de gases o dirigidas a que las plantas producen su propio oxígeno en el día y lo consumen en las noches. La otra tendencia de respuestas la dan estudiantes de grado décimo que tratan de explicar el proceso de respiración por medio del concepto de fotosíntesis aunque tratado de forma superficial y errado como lo muestran las siguientes respuestas: “por medio de la fotosíntesis inhalan CO_2 (dióxido de carbono) y exhalan O_2 (oxígeno)”, “las plantas

respiran a través de la fotosíntesis que es el intercambio de gases, nutrientes, agua y luz solar para la fabricación de alimento para ellas mismas". Las respuestas de los estudiantes encuestados muestran confusiones conceptuales similares a las expuestas en el trabajo de Charrier *et al.* 2006.

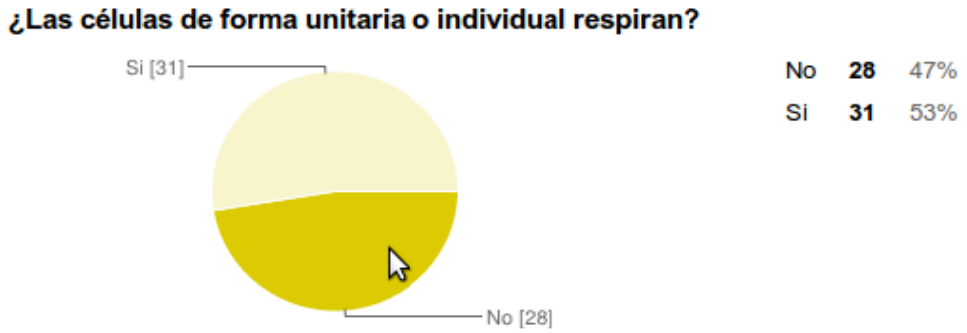
PREGUNTA 7 RELACIÓN LA RESPIRACIÓN CON OTROS SERES VIVOS

¿Qué otros seres vivos conoces que respiran y explica como lo hacen?

En las respuestas a esta pregunta nuevamente aparece, la recurrente comparación con los seres humanos en donde los estudiantes de grado sexto, comparan la respiración en los animales con la de los seres humanos y enfocándola solamente en el intercambio de gases como por ejemplo: "los animales la mayoría al igual que nosotros lo hacen de la misma manera pero algunos lo hacen diferente" o "los animales igual como los humanos, los peces respiran a través de las branquias los reptiles tienen la capacidad de respirar bajo el agua y en la superficie", con este tipo de respuesta es posible darse cuenta que para algunos estudiantes los animales son los que en su funcionamiento se parecen a los seres humanos, pero organismos con funcionamientos diferentes son separados del grupo de animales o citados aparte. Mientras, que los estudiantes de grado décimo presentan los diferentes medios de intercambio de gases que presentan los grandes grupos de animales como por ejemplo, la respiración branquial en peces y la cutánea en los anfibios, hacen descripciones con un nivel de detallado de los pulmones y el proceso de difusión de los gases en la sangre pero hasta ese punto llega por ejemplo: "los animales así: peces: tienen respiración branquial. las branquias se ubican a ambos costados de la cabeza en número de 4 por lado alojadas dentro de las cámaras branquiales y limitadas por dentro por la faringe y por fuera por los opérculos para respirar toma el agua por la boca y la elimina mediante sus 2 hendiduras branquiales luego de realizarse la hematosis a nivel branquial" lo que evidencia un desconocimiento acerca de la pregunta realizada ya que, la información no es ni siquiera procesada por el estudiante, sino presentada tal cual la encuentra, lo que constituye una incapacidad, para desarrollar procesos de lectura y análisis, una problemática poco investigada en la enseñanza de las ciencias naturales.

PREGUNTA 8 RESPIRACIÓN EN LAS CELULAS

FIGURA 5-2: Proporción de estudiantes que responden afirmativamente o negativamente a la respiración celular



Esta pregunta esta correlacionada con los rangos de edad y la escolaridad de las poblaciones encuestadas así, la mayoría de los estudiantes que respondieron afirmativamente a la pregunta realizada corresponden a estudiantes de grado décimo mientras, que los estudiantes que contestaron negativamente fueron de grado sexto mostrando la tendencia condicionada por el grado de escolaridad.

PREGUNTA 9 NEGACIÓN DE LA RESPIRACIÓN CELULAR

Si tu respuesta fue "No" explica porque razón las células individualmente no respiran

Los argumentos que usan los estudiantes para sustentar su respuesta es la falta de similitud con los seres humanos por un lado y por el otro que su tamaño al ser tan pequeño no lo permitiría, como lo muestran las siguientes respuestas “porque las células no tienen el mismo sistema que los humanos”, “porque las células al ser tan chicas se necesitan una a otras” entre otras también se encuentran respuestas en las que se establece que las células no realizan fotosíntesis o que no necesitan oxígeno para realizar sus funciones.

PREGUNTA 10 EXPLICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN CELULAR

Si la respuesta fue "SI" entonces explica como respiran las células de forma individual

Los argumentos dados para explicar la respiración celular van desde la descripción de tubos que entran a la célula hasta razones simples como por que tienen dos átomos sin

embargo, se vuelve a recaer en los conceptos de intercambio de gases como argumento, algunos nombran a la mitocondria “si porque tienen unos organelos llamados MITOCONDRIAS” pero difícilmente pueden explicar cómo se da el proceso con sus palabras “La respiración celular es el proceso mediante el cual el cuerpo almacena energía en forma de moléculas de ATP” lo que evidencia el pobre desarrollo de los conceptos de respiración tisular y celular que se dan en los seres vivos mostrando que la enseñanza de las ciencias naturales, por lo menos está pequeña muestra, es fragmentada no establece conceptos integradores que enlacen los aprendizajes; además, sigue siendo antropocéntrica y superficial se quieren ver muchos temas pero de forma aislada y todavía se utilizan analogías que confunden como que las plantas respiran a través de las hojas.

5.1.2 ENCUESTAS A DOCENTES

Las encuestas a docentes se elaboraron, por medio de la aplicación de Google Drive, con el diseño de un formulario de 9 preguntas, subidas a internet para ser respondidas en línea, la encuesta diseñada fue contestada por 12 docentes de diferentes instituciones educativas.

PREGUNTA 1: EXPERIENCIA DOCENTE

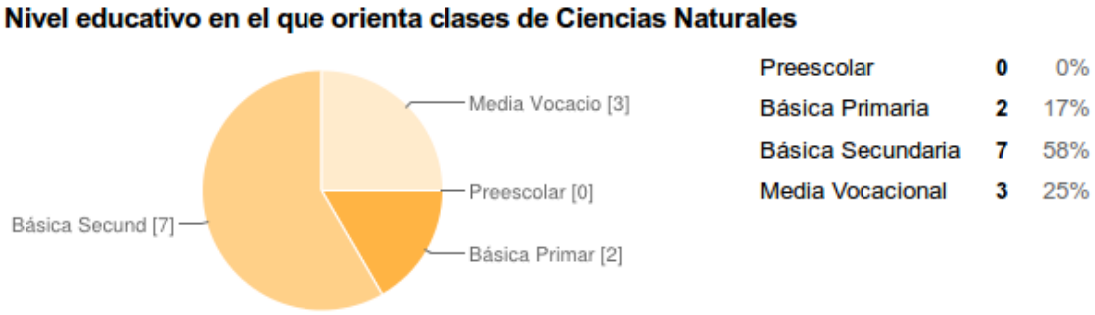
FIGURA 5-3: Porcentaje de la experiencia como docente

1	0	0%
2	2	17%
3	4	33%
4	1	8%
5	1	8%
6	1	8%
7	1	8%
8	0	0%
9	0	0%
10	0	0%
11	0	0%
12	0	0%
13	1	8%
15	1	8%
16	0	0%
17	0	0%
18	0	0%
19	0	0%
20 ó mas	0	0%

Una de las dificultades presentadas para el análisis de la encuesta de docentes fue la poca colaboración de los compañeros docentes en el diligenciamiento de la misma puesto que solo 12 personas la realizaron y tan solo tres de la Ciudadela Educativa de Bosa. La mayoría de los docentes encuestados tienen una experiencia que oscila entre 2 a 7 años y tan solo un 16% de docentes cuenta con más de 12 años de experiencia docente.

PREGUNTA 2 RANGO DE NIVELES EN LOS QUE ORIENTA CLASE

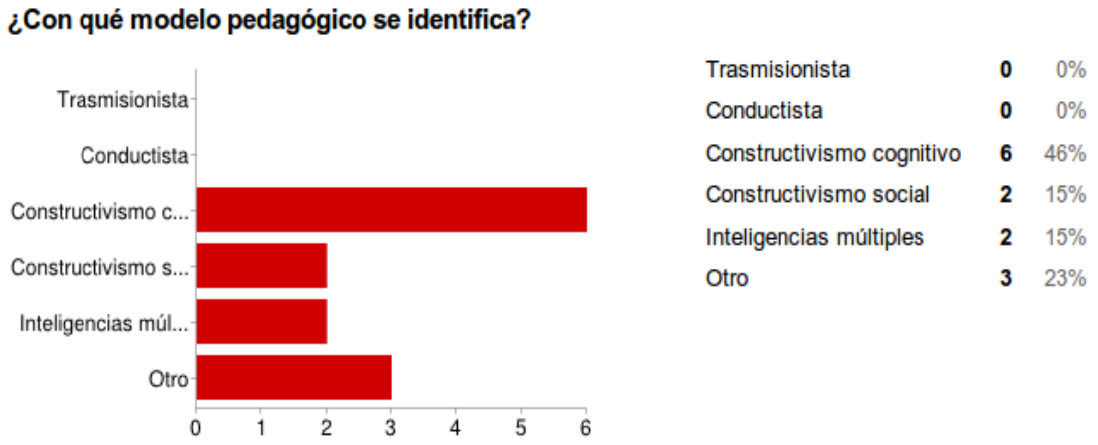
FIGURA 5-4: Información de los niveles en que orientan los docentes encuestados



Para la segunda pregunta se tiene la siguiente distribución: en los niveles educativos de primaria que corresponde a los grados del 1 al 5 con el 17%; básica secundaria de los grados 6 a 9 con el 58% de los docentes y la media vocacional que corresponde a los grados 10 y 11 con el 25%. Lo que constituye un grupo focal importante para obtener información acerca de las percepciones de los docentes con relación al tema de respiración celular puesto que, todos los encuestados por los niveles en los que trabajan han tratado el tema en diferentes grados y con diferentes enfoques.

PREGUNTA 3 TENDENCIA PEDAGOGICA

FIGURA 5-5: Tendencias de los docentes encuestados en relación con el modelo pedagógico.



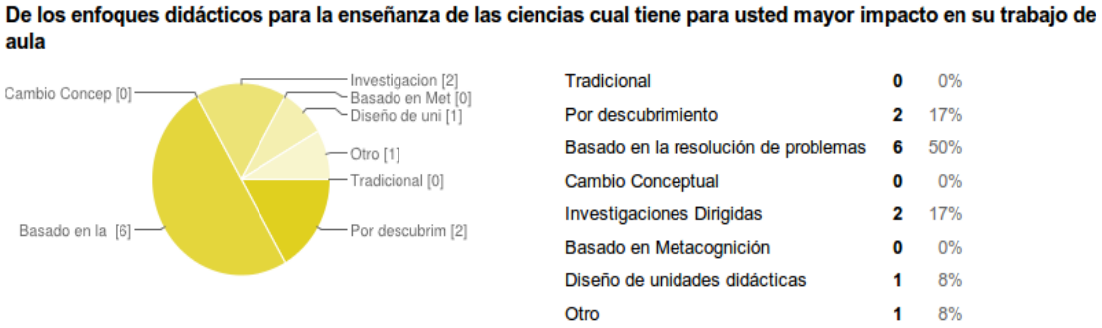
Las tendencias pedagógicas de los docentes encuestados están direccionadas hacia la escuela constructivista cognitiva que busca la construcción del individuo a través de procesos de pensamiento de orden cognitivo, mientras, que los demás docentes se reparten entre las inteligencias múltiples, el constructivismo social y los docentes que marcaron la opción otro se encuentran influenciados por la escuela de enseñanza para la comprensión. Sin embargo, en los encuentros docentes, las corrientes pedagógicas constructivistas son criticadas con argumentos como: son idealizadas para aulas de pocos estudiantes no con salones de 40 a 45 estudiantes. Entonces, aún se mantienen formas tradicionales de enseñanza y son pocos los docentes que se dedican a escribir sus experiencias de aula, lo que puede ser enriquecedor en el formulación de escuelas pedagógicas renovadas y actuales.

PREGUNTA 4 ENFOQUE DIDÁCTICO

La mayoría de los docentes encuestados toman como enfoque didáctico el basado en resolución de problemas con el 50%, mientras que los demás enfoques didácticos son minoritarios siendo relevante mencionar que el otro enfoque que no se encontró en el listado fue el basado en procesos de metacognición. La información recolectada muestra que los docentes han dado un giro en su práctica docente hacia un aula donde se genere el debate de ideas con el fin de la elaboración de conocimiento escolar, en donde se contrastan ideas previas de los estudiantes con el fin de resolver problemas que cada

vez más dejan de ser solo de la ciencia como disciplina y se convierten en parte de la vida diaria de las personas.

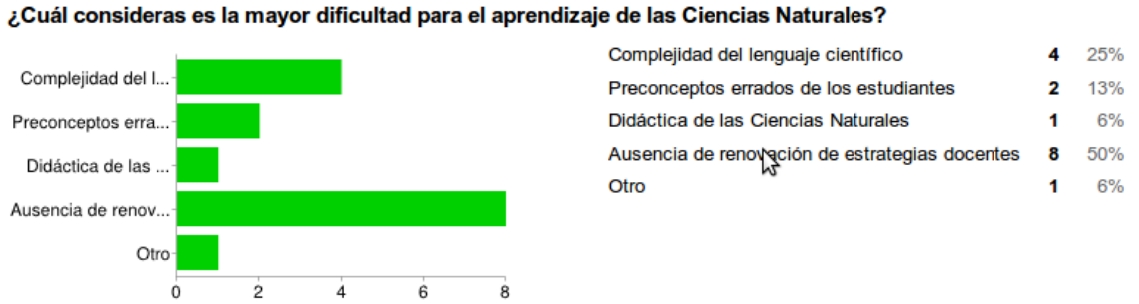
FIGURA 5-6: Enfoque pedagógicos de los docentes encuestados



PREGUNTA 5 DIFICULTADES PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Según los profesores encuestados, la principal dificultad para la enseñanza de las ciencias naturales se debe a la ausencia de renovación de las estrategias docentes (ver figura 5 – 7), lo que se encuentra acorde con lo señalado por Mellado (2003) quien establece que los docentes sobre todo los de ciencias naturales somos buenos replicadores de las formas de enseñanza con las que los enseñaron. Lo anterior genera un estancamiento en las estrategias de enseñanza en ciencias naturales, por lo que una de las salidas es la de cambio conceptual, en donde los docentes puedan cambiar radicalmente sus formas de enseñanza y puedan hacer más dinámica y flexible la presentación de las clases con ayuda de los avances tecnológicos.

FIGURA 5-7: Dificultades en el aprendizaje de las ciencias según los docentes encuestados



PREGUNTA 6 RESPIRACIÓN EN EL TRABAJO DE AULA

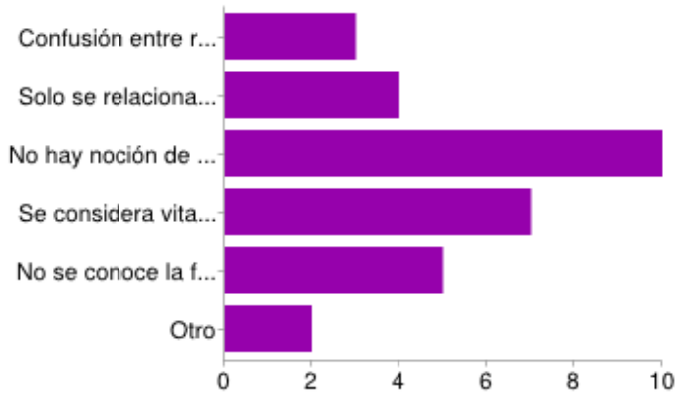
¿De qué manera aborda la temática de Respiración con sus estudiantes?

Los docentes encuestados manejan dos líneas de trabajo unos direccionan su labor alrededor de actividades prácticas experimentales, elaboración de mapas conceptuales o mentales con casos de su cotidianidad como lo expresan: “La actividad más interesante que realicé fue jugar un partido de fútbol, previamente medir el pulso cardiaco y luego del juego volver a medirlo. 1. los estudiantes se notaron muy interesados y 2. de esa manera lograron entender e introducirlos al tema de respiración” y la otra línea de trabajo es la de una ambientación por medio de preguntas y su desarrollo conceptual por medio de aplicaciones electrónicas o ayudas didácticas por medio de las Tics (tecnologías de la información y las comunicaciones). Una de las respuestas fue: “Analizando la respiración como proceso natural y cotidiano donde se utilizan diversas herramientas como tics y elaboración de modelos respiratorios en 3D”.

PREGUNTA 7 DIFICULTADES EN EL ENSEÑANZA DE LA RESPIRACIÓN CELULAR

La información que proporciona la FIGURA 5-8 muestra que los docentes encuestados manifiestan que una de las principales dificultades para la enseñanza de la respiración está en la falta de asociación del concepto de respiración a los procesos energéticos de los organismos, otro es la sobrevaloración del oxígeno como elemento vital sin tener claro su papel dentro del proceso, esto se encuentra relacionado con el excesivo enfoque se le da al intercambio de gases dentro de la explicación del proceso de la respiración, dejando de lado los procesos nutricionales que se necesitan para que sea posible el proceso respiratorio, por ello cuando a un estudiante se le pregunta que le da energía para realizar sus actividades de forma vehemente contesta que los alimentos pero, eso es solo la mitad de la historia; se desligan los procesos del metabolismo y como se extrae la energía que tienen los alimentos. Las opciones para esta pregunta se elaboraron a partir del trabajo de Charrier *et al. (*2006) con relación a las principales dificultades que existen para la enseñanza de la respiración y la encuesta arroja resultados que sustentan la revisión bibliográfica a pesar de las diferencias de contexto que existe entre las poblaciones encuestadas y el medio que observa el autor en su trabajo, por lo que es posible decir que las dificultades encontradas en la institución educativa Ciudadela Educativa de Bosa no son debidas a su contexto.

FIGURA 5-8: Dificultades en la enseñanza del concepto de respiración celular según los docentes encuestados



Confusión entre respiración y fotosíntesis	**3**	10%
Solo se relaciona con el intercambio de gases	**4**	13%
No hay noción de la respiración como un proceso energético	**10**	32%
Se considera vital el oxígeno pero no se tiene claro su papel	**7**	23%
No se conoce la función de la Mitocondria	**5**	16%
Otro	**2**	6%

PREGUNTA 8 ESTRATEGIAS DIDACTICAS

¿Qué estrategias para la enseñanza de la respiración celular utiliza en el aula?

A esta pregunta los docentes respondieron casi de forma unánime que sus estrategias de enseñanza-aprendizaje esta dirigidas a la experimentación tanto práctica como virtual y el apoyo con materiales didácticos como vídeos, presentaciones, talleres y esquemas explicativos lo que puede estar relacionado con el enfoque didáctico escogido que es el basado en problemas aunque, es de resaltar que ninguna de las respuesta va dirigida al planteamiento de situaciones problema relacionadas con la respiración y por el contrario se menciona el uso del “taller” como una estrategia a pesar que este tipo de prácticas son totalmente controladas por el profesor y están encaminadas a dar respuestas acabadas por parte del estudiante.

PREGUNTA 9 RESPIRACIÓN CELULAR EN EL ESPECTRO DE LA METACOGNICIÓN

¿Qué tipo de conexiones cognitivas y relaciones con otros conceptos genera a través de la enseñanza de la respiración celular?

Las principales conexiones mencionadas por los docentes encuestados fueron con los procesos energéticos de los seres vivos, con los procesos de nutrición y circulación, con el transporte a través de membrana y el funcionamiento de los glóbulos rojos, con los procesos bioquímicos de la respiración celular, con la importancia de la mitocondria y la teoría endosimbiótica, la producción de energía, con la fotosíntesis y con aplicaciones prácticas como la fermentación, todo la anterior es válido sin embargo, los procesos de metacognición está encaminados a la integración de diferentes áreas del conocimiento teniendo como eje un concepto integrador, para de esta manera no quedarse solo con los temas de biología con los que puedo integrar un concepto. Así, porqué no pensar en integrar la respiración con problemáticas del mundo actual como la calidad de aire que respiramos, o la seguridad alimentaria vista de las ciencias sociales como una problemática de desnutrición que puede causar la muerte, o con la producción de energías limpias que los hacen más consientes de dejarle un mundo sustentable a las nuevas generaciones. Es importante comenzar por salir de la isla que constituye un área del conocimiento y mejor dirigirse a un mundo con variadas forma de observarlo, percibirlo y vivirlo.

5.2 Diseño de herramienta didáctica

5.2.1 Descripción de la herramienta Didáctica

La estrategia didáctica presenta las siguientes particularidades:

1. Dirigido a estudiantes de grado Sexto de la IED Ciudadela Educativa de Bosa con edades variables que van desde los 10 hasta los 15 años.
2. Estratificación socioeconómica 1 y 2 de los estudiantes.
3. Hogares biparentales con uno o varios hermanos.
4. La duración de aplicación del plan microcurricular es de 4 unidades de clase de 55 minutos
5. Distribución de los cursos con 40 a 45 estudiantes.
6. Promedio de repitentes del 10%.

7. Los subtemas a tratar son: La respiración vista como una combustión lenta, relación de la respiración con los procesos vitales del individuo, intercambio de gases y proceso respiratorio.

Logro de aprendizaje

- El estudiante entiende la respiración celular como un proceso de obtención de energía vital para los seres vivos.

Indicadores de logro

∇ Reconoce la importancia del proceso de respiración celular, para obtención de energía por parte de los seres vivos.
∇ Establece relaciones entre los procesos metabólicos involucrados en la respiración celular.
∇ Analiza los diferentes factores que intervienen en el proceso de respiración celular.
∇ Identifica los diferentes niveles de la respiración: fisiológica, sistémica y celular.

5.2.2 Propuesta metodológica de la herramienta

MODELO PEDAGOGICO

De forma general la presente propuesta de estrategia didáctica se enmarca, en teorías pedagógicas del constructivismo social de Vigostky y las ideas de Ausbel, puesto que se tendrá en cuenta el desarrollo de aprendizaje significativo del estudiante mediado por interacciones sociales. La construcción de la propuesta está basada en el diagnóstico de preconceptos de los estudiantes. En conjunto con las anteriores corrientes pedagógicas se enmarca el presente diseño en el modelo pedagógico que maneja la Ciudadela Educativa de Bosa, el cual es Enseñanza para la Comprensión con un enfoque humanista en las cuales se fundamenta el PEI de la institución.

PERFIL DEL DOCENTE

El docente dentro de la propuesta tiene un papel de facilitador y mediador entre el conocimiento científico que maneja desde la biología y el conocimiento escolar que se maneja en el aula, ha de tener en cuenta el conocimiento previo de los estudiantes, ser capaz de generar cambios conceptuales en los estudiantes a partir de preconcepciones

bien sean acorde o no con los conocimientos científicos, evitando generar conocimiento escolar a partir de preconceptos erróneos del estudiante generados en el aula o en su mundo cotidiano.

PERFIL DEL ESTUDIANTE

El estudiante al que va dirigida la estrategia es un individuo que es receptivo a los estímulos o acciones que se le proponen, mostrando interés por el conocimiento y que sea capaz de trabajar en equipo en condiciones establecidas, con un sentido jerárquico, con la posibilidad de organizarse con pares en la distribución de tareas que lo encaminen hacia objetivos establecidos y pueda comunicar sus avances y conclusiones acerca de los conocimientos adquiridos.

ESTRATEGIAS PEDAGOGICAS

Se establece como estrategia pedagógica la fundamentada en la Enseñanza para la Comprensión como la manera de encaminar a la generación de ambientes de aprendizaje que enriquezcan el conocimiento de los estudiantes, facilitando los procesos de enseñanza-aprendizaje y que a la vez sea un conocimiento que este en contacto con los estudiantes y que ellos sean capaces de usarlo y relacionarlo, permitiendo procesos de metacognición.

Tabla 5-1 Malla Curricular sobre la respiración celular basa en enseñanza para la comprensión.

Eje temático	NIVEL BIOLOGICO FISIOLOGÍA DE LA RESPIRACION
Hilo conductor	¿Por qué y para que respiran las células?
Tópicos Generativos	▪ Concepto de respiración celular. ▪ Proceso energético de la respiración. ▪ Niveles en los que se da la respiración: fisiológico, sistémico y celular. ▪ Intercambio de gases. ▪ Relaciones del proceso respiratorio.
Metas de comprensión	• Reconoce la importancia del proceso de respiración celular, para obtención de energía por parte de los seres vivos. • Establece relaciones entre las diferentes etapas que presenta la respiración celular. • Identifica los diferentes niveles de respiración: fisiológica, sistémico y celular. • Analiza los diferentes factores que intervienen en el proceso de respiración celular.

Competencias	∇ Comprende la finalidad de la respiración celular en términos energéticos. ∇ Utiliza herramientas de las ciencias para explicar situaciones cotidianas. ∇ Argumenta los conceptos básicos de la respiración celular con fundamentos científicos.

5.2.3 Descripción de actividades

En la presente estrategia didáctica se establecerán cuatro actividades, para abordar la temática del concepto de respiración celular; la primera es la un proceso de observación y planteamiento de hipótesis a través de una microinvestigación dirigida, para el presente caso la propuesta de situaciones problema que se articula la segunda actividad que es la de uso de problemas los cuales son basados en la experiencia de la microinvestigación, sobre los cuales se harán observaciones y se darán explicaciones a manera de conclusión. La última actividad es la de cambio conceptual a partir de los pre-conceptos de los estudiantes generando preguntas que orienten la discusión y muestren a los estudiantes el proceso respiratorio en acción, donde puedan relacionarlo con la respiración celular y analizarlo a la luz del conocimiento científico. La cuarta actividad será la aplicación y refuerzo del aprendizaje a través de una lúdica desarrollada con un juego didáctico acerca de la respiración celular.

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EN LA ESTRATEGIA

Se dividirán las unidades de clase en cuatro bloques o módulos con la siguiente distribución:

Primer módulo de dos unidades de clase. Tiempo total 110 minutos

Segundo módulo de una unidad de clase. Tiempo total 55 minutos

Tercer módulo de una unidad de clase. Tiempo total 55 minutos

Cuarto módulo de una unidad de clase. Tiempo total 55 minutos

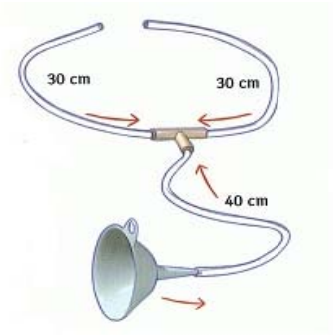
PRIMER MODULO

En el primer modulo se establecerá la actividad 1 para ser desarrollada en grupos de 5 estudiantes donde realizaran observación, manejo de información, tabulación de la misma, reflexión, presentación y socialización del trabajo realizado, por parte de los estudiantes (ver anexo a guía para estudiantes de la actividad 1).

Materiales para la actividad 1

FIGURA 5-9: Estetoscopio artesanal

- φ Unión en T para mangueras.
- φ Embudo.
- φ 100 cm de Manguera de diámetro ensamble con el embudo.
- φ Papel celofán.
- φ Bandas de caucho.
- φ Papel periódico.
- φ Marcadores permanentes.
- φ Guía de la actividad por grupo.
- φ Alimento (preferiblemente una fruta).



PRIMER MOMENTO

Se plantean los siguientes roles de trabajo para facilitar la dinámica dentro del grupo

1. Estudiante encargado de los materiales. (Laboratorista)
2. Estudiante encargado de consignar la información (Secretario)
3. Estudiante encargado de presentar el trabajo realizado (Relator)
4. Estudiantes encargados de la toma de medidas (Investigadores)

Se permite que los estudiantes se organicen teniendo en cuenta los roles establecidos y se consignaran las responsabilidades en la guía de la actividad (ver anexo a).

Se realiza la organización de los grupos y se hace la entrega de materiales a cada uno de los grupos (Tiempo establecido 3 minutos).

SEGUNDO MOMENTO

Se plantea la elaboración de un estetoscopio artesanal, usando los materiales dados, conectar la manguera con el embudo de forma que ajusten perfectamente, luego tomar el papel celofán y las bandas de caucho para ajustarlo a la parte más ancha del embudo, dejando el papel templado y bien ajustado. Una vez terminado el ensamble, probar su funcionamiento escuchando los sonidos que emite el corazón, la zona abdominal y la espalda, describir cada uno de los sonidos que escucharon de su cuerpo en la hoja examen que se utilizara para hacer el informe de la actividad. (Tiempo establecido 10 minutos).

TERCER MOMENTO

Dentro de los equipos organizados, los estudiantes tomaran las siguientes medidas: número de inhalaciones por minuto y número de pulsaciones por minuto de cada uno de los integrantes del grupo, los datos de consignaran en la guía de la actividad por parte

del estudiante encargado. (Tiempo establecido 10 minutos).

Tabla 5-2 Formato para la tabulación de los datos en la actividad 1.

ESTUDIANTES	**REPOSO**		**ACTIVIDAD FISICA**		**REPOSO DESPUES DE LA ACTIVIDAD**	
N°	Pulsaciones Por minuto	Inhalaciones Por minuto	Pulsaciones Por minuto	Inhalaciones Por minuto	Pulsaciones Por minuto	Inhalaciones Por minuto
1						

CUARTO MOMENTO

Dinámica de actividad física guiada por el docente en la cual se realice un calentamiento, resistencia física y cardiovascular, estiramiento. (Tiempo establecido 20 minutos).

QUINTO MOMENTO

Al interior de los grupos de trabajo, los estudiantes tomaran las siguientes medidas: número de inhalaciones por minuto y número de pulsaciones por minuto justo después de realizada la actividad física, los datos se consignaran en la guía de la actividad por parte del estudiante encargado. (Tiempo establecido 5 minutos).

SEXTO MOMENTO

Consumo de alimento una vez el cuerpo está volviendo a su estado de reposo consignar en el informe que percepción o sensación de hambre se tenía antes del ejercicio y cuál fue la percepción sensación después del consumo del alimento (Tiempo establecido 10 minutos).

SEPTIMO MOMENTO

Dentro del equipo de trabajo, cada uno de los estudiantes tomaran las siguientes medidas: número de inhalaciones por minuto y número de pulsaciones por minuto después de consumir el alimento y tener un tiempo de reposo, los datos de consignaran en la guía de la actividad por parte del estudiante encargado. (Tiempo establecido 5 minutos).

OCTAVO MOMENTO

Discusión y análisis de los resultados obtenidos dentro de las actividades, con el papel

periódico y los marcadores elaborar la presentación de la experiencia mostrando los datos obtenidos y tratando de explicar desde su conocimiento el porqué de los mismos, además, responder las siguientes preguntas: ¿A dónde va el oxígeno después que llega a los pulmones? ¿Qué tiene que ver el consumo de alimentos con la actividad física y la respiración? ¿Cómo te sentiste después consumir el alimento y a que se puede deber esa sensación? (Tiempo establecido 30 minutos).

NOVENO MOMENTO

Presentación del trabajo realizado por medio de material elaborado con el papel periódico y los marcadores permanentes, al curso, en mesa redonda por parte de cada uno de los relatores previamente nombrados en los equipos de trabajo en un tiempo máximo de tres minutos, el material realizado por cada uno de los equipos se pegara en un lugar del salón donde todos los estudiantes lo puedan ver. Al final de las presentaciones le docente hará una síntesis del los trabajos mostrados y realizara las aclaraciones a las que haya lugar y ayudara a los estudiantes a encontrar las conclusiones y utilidad de la actividad propuesta. (Tiempo establecido 30 minutos).

SEGUNDO MODULO

PRIMER MOMENTO

A partir de las preguntas formuladas en la actividad 1 en el trabajo por equipos las cuales fueron: ¿A dónde va el oxígeno después que llega a los pulmones? ¿Qué tiene que ver el consumo de alimentos con la actividad física y la respiración? Se introducirá a los estudiantes, primero en los niveles de respiración, la que realizan los organismos denominados: fisiológico, tisular y celular, luego que ocurre con el oxígeno una vez se realiza el intercambio de gases en los pulmones y finalmente como el oxígeno llega a los tejidos y células. Finalizando con cuál es la importancia de los tres niveles de respiración y como se emplea el oxígeno para la obtención de energía (Tiempo establecido 25 minutos).

SEGUNDO MOMENTO

Con el fin de mostrar de forma analógica la importancia del oxígeno en procesos donde

la relacionada la liberación de energía, se mostrara a cada uno de los grupos el fenómeno de combustión de una vela y como esta pierde brillo y finalmente se extingue cuando es confinada y le hace falta (oxígeno) algo, un elemento que se encuentra en el aire, en ese momento se contextualiza a los estudiantes a cerca de la respiración vista como un proceso de combustión lenta, con las respectivas diferencias entre lo sucedido con la vela y lo que se sucede a los seres vivos (Tiempo establecido 15 minutos).

TERCER MOMENTO

Pedir a los estudiantes que realicen un evocación (recordar los momentos importantes de la clase, para cada uno de ellos) en sus cuadernos de apuntes acerca de lo tratado en las dos últimas sesiones de clase, resaltando las cosas que no sabían hasta ese momento y las relaciones que adquirieron con el concepto de respiración.

TERCER MODULO

Para el tercer modulo se propondrán diversas actividades de consolidación que también pueden ayudar con la evaluación del proceso de los estudiantes y poder autoevaluar y retroalimentar el procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

Actividad de retroalimentación SITUACIÓN PROBLEMA

Te encuentras de vacaciones con tu familia y una de las actividades diferentes que se pueden hacer es nadar, sin embargo, en este deporte tienes que cambiar la forma en que respiras normalmente, ya que descubres que el ingreso de agua clorada por la nariz no es una sensación muy agradable. A pesar de ello, te adaptas a salir cada tanto a tomar aire en la superficie de la piscina, pero luego de una hora de estar nadando con una exigencia alta, sientes un fuerte tirón en una de tus piernas y ya no la puedes estirar, sientes dolor al intentar moverla no puedes continuar nadando.

Con base a la situación expuesta:

1. Realiza dibujos que representen cada una de las situaciones descritas.
2. Responde ¿Por qué razón no es posible que podamos tomar oxígeno bajo el agua? ¿Hay organismos que lo pueden hacer, escribe cuales y como lo realizan?
3. ¿Si tu dejas de respirar cuando estas bajo el agua en la piscina, crees tus células hacen lo mismo?
4. ¿Cómo podrías explicar el tirón en tu pierna? ¿Qué crees que lo genera? (Tiempo establecido 20 minutos).

Actividad RELACIÓN ENTRE CONCEPTOS

Se propone la siguiente rejilla de conceptos y se pide a los estudiantes que relacionen los conceptos por medios escritos, visuales o de ambas formas.

Tabla 5-3 Rejilla de conceptos.

1. RESPIRACION CORPORAL	2. RESPIRACIÓN CELULAR	3. INTERCAMBIO DE GASES
4. OBTENCIÓN DE ENERGIA	5. OXIGENO Y DIOXIDO DE CARBONO	6. MITOCONDRIA Y ATP

CLAVE PARA LA RELACION DE CONCEPTOS (tiempo establecido 15 minutos)

a. 1, 3, 5 b. 2,4,6 c. 1,2,6 d. 2,3,5

Actividad MANEJO DE CONCEPTOS

Pedir a los estudiantes que elaboren un mapa conceptual, un mapa mental o el esquema que considere útil para relacionar el concepto de respiración con la información dada en las sesiones de clase, las situaciones observadas y las vivencias propias.

5.3 Presentación del juego didáctico “LA MONEDA ENERGÉTICA”

CUARTO MODULO

Se presentara a los estudiantes un juego didáctico en un ambiente lúdico, donde se manejan algunos de los conceptos de la respiración celular permitiéndoles reforzar o retroalimentar el aprendizaje adquirido por parte de los estudiantes con relación a la temática (55 minutos).

Juego didáctico que tiene por finalidad el manejo del concepto de respiración desde el nivel del organismo, pasando por sus sistemas y órganos hasta llegar a la respiración celular y a los procesos que en su interior se realizan. Además, busca mostrar la respiración con un proceso energético que se encuentra relacionado con la ejecución de actividades y la nutrición.

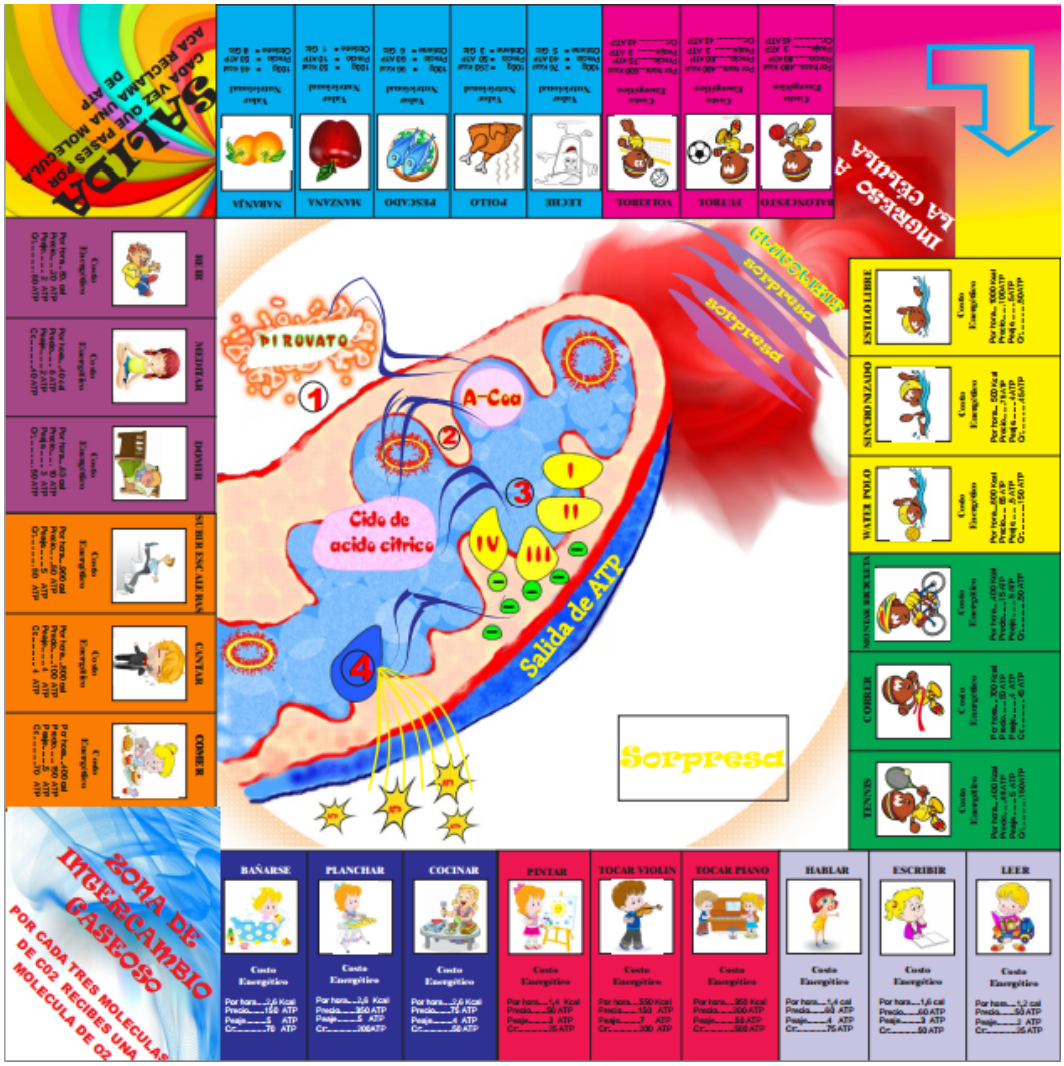
FIGURA 5-10: Tapa de presentación del juego

El juego “LA MONEDA ENERGETICA” recibe su nombre de la analogía biológica que se utiliza para relacionar la molécula de ATP con la energía química que necesitamos todos los organismos para sobrevivir y realizar todas nuestras actividades. En la tapa se puede apreciar un esquema de la mitocondria donde se señalan los 4 procesos fundamentales en la respiración celular. glucólisis, ciclo del ácido cítrico, cadena transportadora de electrones y síntesis de ATP.

Los fundamentos del juego “LA MONEDA ENERGETICA” son los que presentan los juegos de mesa como el Monopolio y el Tío Rico, donde los jugadores adquieren propiedades y el ganador es el jugador que pueda hacerse con la mayor parte de las propiedades del tablero. Para el caso de “LA MONEDA ENERGETICA”, se cuenta con un tablero con actividades en su contorno externo, las cuales solo pueden ser adquiridas a través del intercambio de moléculas de ATP; en la parte interna el tablero se presenta la imagen esquemática de la mitocondria donde hay 4 casillas, las únicas que se encuentran numeradas dentro del juego, las cuales representan los cuatro grandes

procesos que se dan en la respiración celular. El jugador al aportar moléculas de glucosa y oxígeno desencadena la formación moléculas de ATP, con el fin de conseguir el mayor número de actividades y de esta forma ganar el juego.

FIGURA 5-11: Tablero del juego “LA MONEDA ENERGETICA”



El juego didáctico “LA MONEDA ENERGETICA” está dirigido a una población de estudiantes que se encuentra entre los 10 y 15 años, aunque el diseño basado en otros juegos de tablero hace que pueda llegar a ser jugado por personas de múltiples edades, desde luego el presente juego hace parte de una herramienta didáctica así, su utilización puede quedar fuera de contexto y generar dificultades para ser jugado sin nociones sobre la respiración desde su punto de vista biológico. Solo la aplicación en la práctica

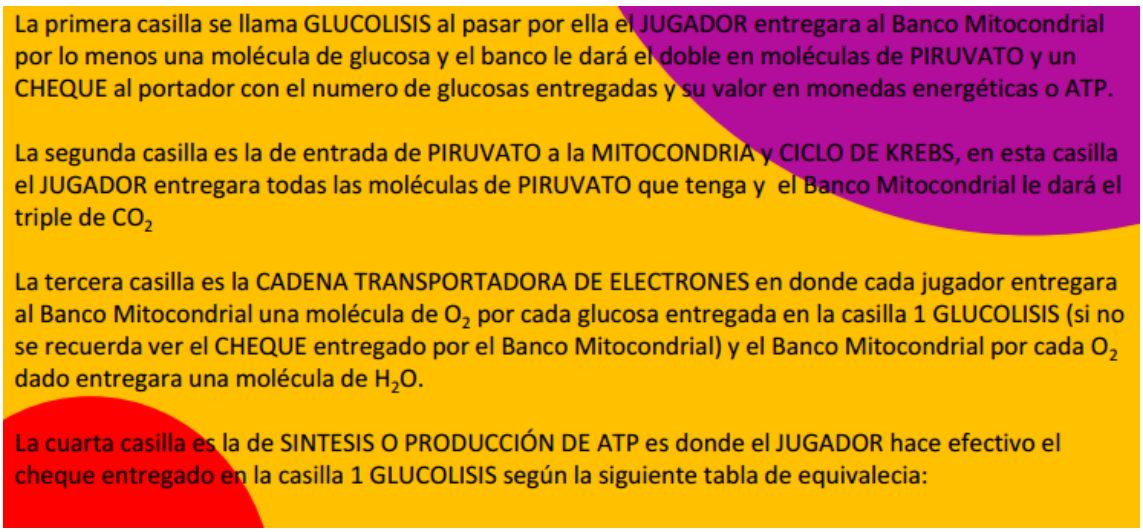
establecerá si lo anteriormente mencionado se cumple, ya que, el presente trabajo solo se ha enfocado en el diseño del juego didáctico acerca de la respiración celular y no en su validación con aplicaciones masivas o por lo menos en una institución educativa de forma sistemática.

FIGURA 5-12: Parte inicial de las instrucciones de “LA MONEDA ENERGETICA”

El jugador si lo desea tiene la posibilidad de ingresar al viaje que lo llevará al interior de la célula. Donde encontrará casillas sorpresas que le darán beneficios y cuatros casillas numeradas que representan los grandes procesos que se dan en la célula para la producción de energía. En cada uno de los pasos que se dan en la mitocondria el jugador tendrá que realizar intercambios con el “Banco Mitocondrial” (es quien emite las moléculas de ATP), como una analogía que muestra lo que ocurre al interior de la célula

con relación a la síntesis de moléculas de ATP, por ejemplo cuando un jugador llega a la casilla 1 tiene que entregar al “Banco Mitocondrial” por lo menos una molécula de glucosa para poder continuar y “El Banco Mitocondrial” le devuelve el doble en moléculas de piruvato y un cheque canjeable por moléculas de ATP. Como se muestra a continuación en un apartado de las instrucciones del juego “LA MONEDA ENERGETICA”

FIGURA 5-13: Descripción de los 4 pasos que tienen lugar en el centro del tablero del juego “LA MONEDA ENERGETICA”



Como una forma de agilizar y facilitar los intercambios en las 4 casillas al interior de la célula específicamente en la mitocondria, se elaboró una tabla de equivalencias que indica las cantidades a intercambiar a partir del número de moléculas de glucosa con las que se inicie el proceso, a pesar que no se tiene establecido un límite para el número de moléculas de glucosa con las que se puede iniciar el proceso se pueden llegar a calcular las equivalencias ya que están dadas en razones de números enteros.

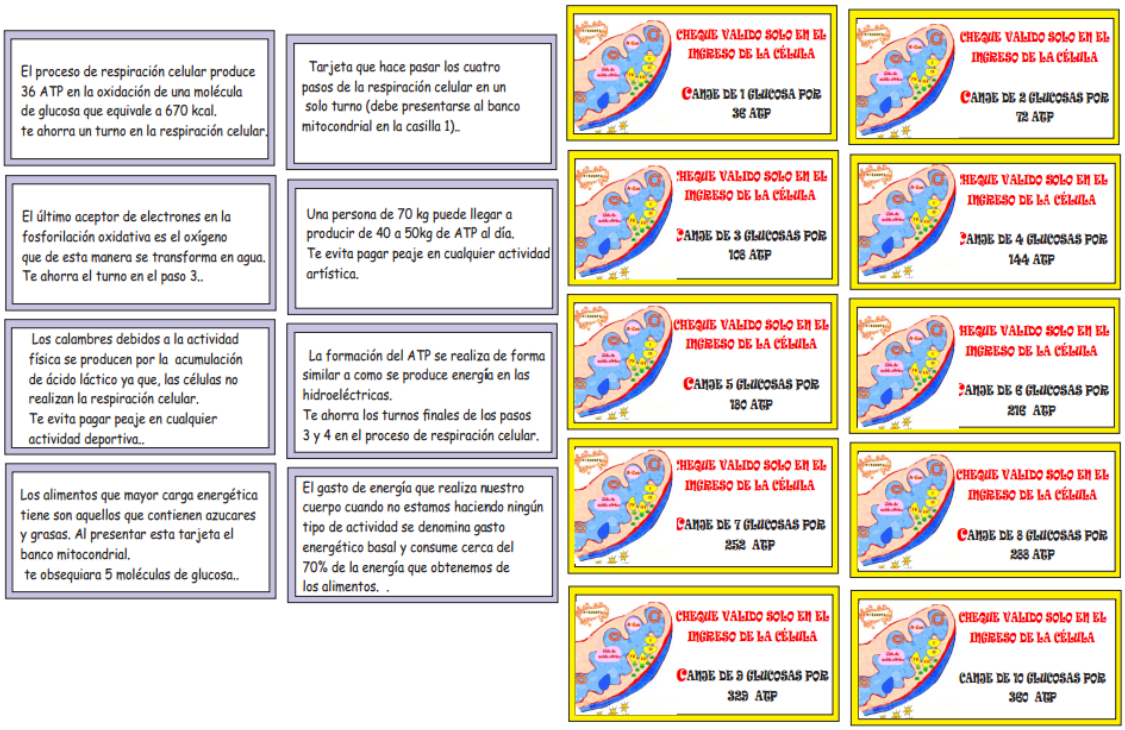
Los intercambios en el juego “LA MONEDA ENERGETICA” se pueden hacer con billetes para las siguientes moléculas: glucosa, dióxido de carbono y ATP y con monedas para el oxígeno y agua. Otra zona de intercambio de moléculas importante esta a la salida de la parte interna del tablero y se ubica en la esquina interior izquierda del mismo donde se realiza el intercambio de gases: agua y dióxido de carbono por oxígeno

FIGURA 5-14: Tabla de equivalencias y las moléculas de intercambio del juego “LA MONEDA ENERGETICA”

Glucosas Entregadas	ATP producido	Moléculas PIRUVATO	Moléculas de CO_2	Moléculas de O_2	Moléculas de H_2O
1	36	2	6	1	1
2	72	4	12	2	2
3	108	6	18	3	3
4	144	8	24	4	4
5	180	10	30	5	5
6	216	12	36	6	6
7	252	14	42	7	7
8	288	16	48	8	8
9	324	18	54	9	9
10	360	20	60	10	10

En el centro del tablero los jugadores podrán encontrar casillas sorpresa que contiene datos sobre la respiración celular y gastos energéticos comunes en la vida cotidiana además, permiten que los jugadores agilicen el proceso al interior de la célula o que puedan ser eximidos de cobros de peaje en actividades que no son de su propiedad. Dentro del juego son utilizados como estímulos positivos o comodines que el jugador puede usar cuando lo vea necesario. Otro de los elementos importantes para la dinámica que se diseño son los cheques canjeables que se le darán al jugador en la casilla número 1 que corresponde a la glucólisis, la razón de ello es mostrarle al jugador que el proceso de generación de energía en las células no es algo inmediato, sino que es un proceso continuo de trasformación de sustancias como la glucosa, las cuales ingresan a nuestro cuerpo por medio de los alimentos que consumimos en muestra dieta

FIGURA 5-15: Fichas sorpresa y cheques del juego “LA MONEDA ENERGETICA”



El juego “LA MONEDA ENERGETICA” presenta en relación con las actividades, información real sobre el costo energético por hora (ver FIGURA 5-17) sin embargo, al momento de darles un valor en términos del juego en moléculas de ATP se hizo una proporción que no corresponde a la equivalencia real, puesto que si se hiciera los costos de las actividades dentro del juego serian muy altos y las denominaciones de las moléculas de ATP para el intercambio altas, lo que podría llevar a que los estudiantes a no prestar atención a los procesos respiratorios, como a los costos de las actividades.

Las primeras casillas que encuentra el jugador justo después de la salida no se pueden adquirir, si un jugador cae en ellas tiene la oportunidad de comprar si quiere moléculas de glucosa según los datos que tenga cada alimento (ver FIGURA 5-16) y al igual que ocurría con las actividades descritas anteriormente, tanto los precios como las moléculas de glucosas que se obtienen no corresponden a datos reales y su uso dentro del juego es esquemático puesto que su importancia radica en las analogías que el jugador elabora entre los procesos relacionados y la respiración.

FIGURA 5-16: Casillas de los alimentos en el juego “LA MONEDA ENERGETICA”

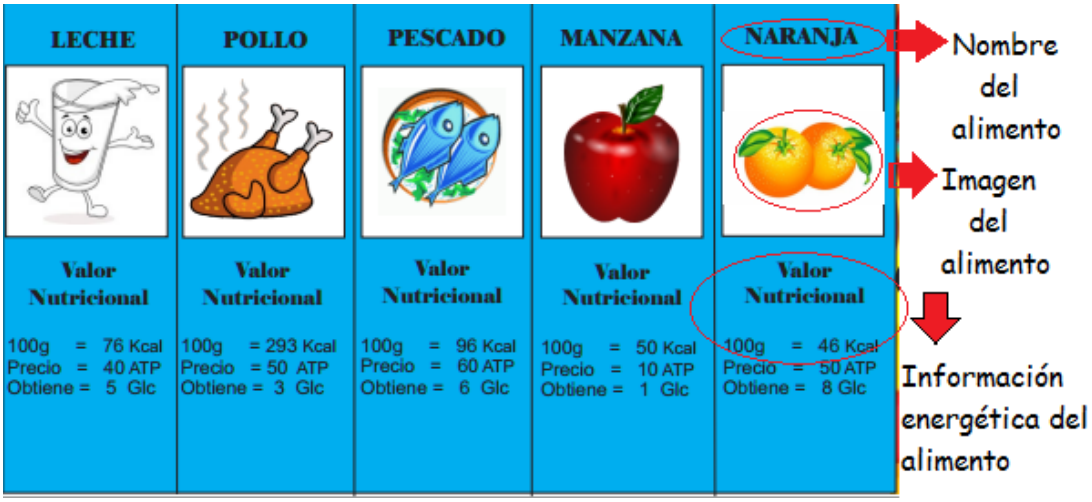
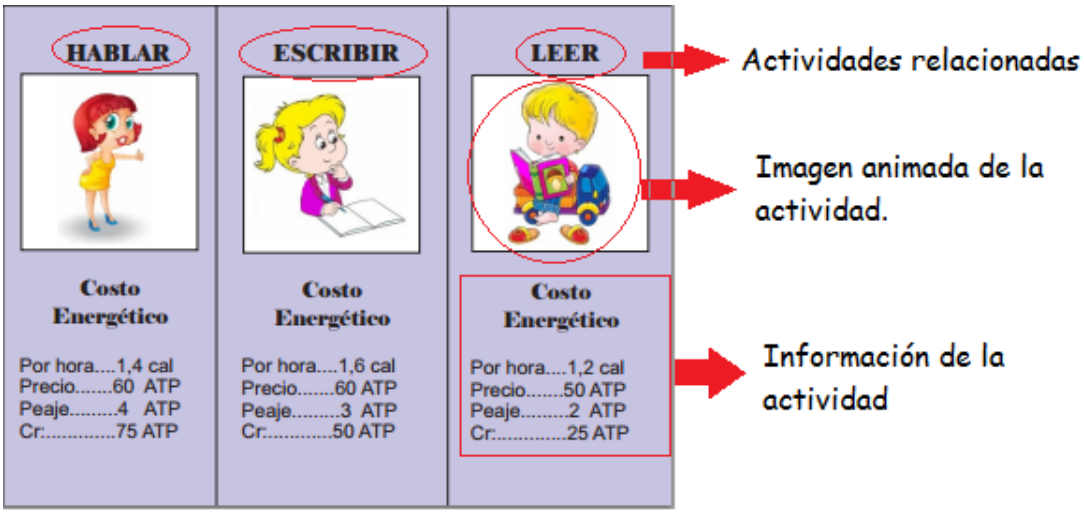


FIGURA 5-17: Casillas de actividades relacionadas en el juego “LA MONEDA ENERGETICA”



6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones.

- Se elaboro una herramienta didáctica para la enseñanza de la respiración celular, a partir de del material bibliográfico consultado y las encuestas realizadas, teniendo en cuenta, el diseño curricular y los ritmos que se dan en el aula.

- A través de la encuesta realizada a los 59 estudiantes de la institución educativa distrital Ciudadela Educativa de Bosa fue posible ratificar de forma práctica lo establecido por múltiples autores, acerca de los errores conceptuales con relación a la respiración en general, como la confusión con la fotosíntesis, excesivo antropocentrismo “todo se enfoca en el ser humano” y en forma particular de la respiración celular el no considerar que las células de forma individual, desconociendo este tipo de respiración.

- A partir de la información recolectada, queda de manifiesto que el tema de respiración celular es un tema muy complejo para ser desarrollado en grado sexto además, al ser un concepto con tantas posibilidades de integración es pertinente revisar sus niveles de profundidad en educación básica y media vocacional, permitiendo muna mayor flexibilidad en el currículo.

- La encuesta a los docentes junto con lo consultado en la revisión conceptual hace necesario que se sigan renovando las prácticas de aula tradicionales, cambiando la trasmisión de información por la integración de conocimientos de las ciencias naturales con otras áreas de conocimiento.

- En el diseño de la herramienta didáctica se utilizaron los enfoques didácticos: aprendizaje por medio de investigaciones dirigidas y la de resolución de problemas, como las más adecuadas para dar una opción de solución a la problemática expresada por los docentes en la encuesta entorno a la falta de nociones de la respiración como un proceso energético por parte de los estudiantes.

- En la herramienta didáctica planteada se tiene como eje la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje por medio de los módulos propuestos, así como de situaciones problema de la vida cotidiana pero que tengan la posibilidad de ilustrar el proceso biológico de la respiración celular.

- Se diseña el juego "LA MONEDA ENERGÉTICA" como respuesta a dos problemas uno la poca relación que tiene la respiración y en particular la respiración celular con procesos energéticos y en segundo la falta de integración curricular que existen entre los contenidos en ciencias naturales, siendo el espacio lúdico una posibilidad para que el estudiante integre sus conocimientos con las interacciones sociales que permite el juego.

- El juego "LA MONEDA ENERGÉTICA" es un diseño que se encuentra a nivel de prototipo generado a partir del marco conceptual elaborado y de las encuestas aplicadas a estudiantes y docentes en donde se identifican los preconceptos errados y concepciones de los estudiantes acerca del tema de respiración y las dificultades que presentan los docentes en la enseñanza de las ciencias y en particular de la respiración celular y además el juego diseñado hace parte de una herramienta didáctica global que deberá ser llevada al aula para su evaluación, ajustes a diferentes contextos y mejoramiento, aclarando que ello es objeto de otro trabajo, ya que no era objeto del presente trabajo hacerlo.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda para una futura investigación poner a prueba la herramienta didáctica con el fin de ajustar sus falencias y evidenciar sus puntos positivos.

- Se recomienda en el futuro aplicar pruebas piloto al juego "LA MONEDA ENERGÉTICA" para encontrar sus debilidades y poderlas corregir y de esta forma poder aplicarlo a gran escala y llegar a hacer mediciones estadísticas de su impacto en la enseñanza-aprendizaje de la respiración celular.

Anexo a GUIA ACTIVIDAD 1

GUIA PARA ESTUDIANTES DE LA ACTIVIDAD 1
GUIA 1 ACTIVIDAD: "ELABORACIÓN DE ESTETOSCOPIO ARTESANAL, ACTIVIDAD FISICA, RESPIRACIÓN Y NUTRICIÓN

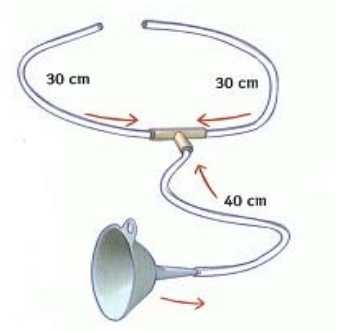
Nombres de los integrantes del equipo de trabajo Curso: _____
Laboratorista (estudiante encargado de los materiales): _____
Secretario (estudiante encargado de apuntar la información): _____
Relator (estudiante encargado de exponer el trabajo realizado): _____
Investigador 1(estudiante encargado de hacer parte de las observaciones) _____
Investigador 2(estudiante encargado de hacer parte de las observaciones) _____

1. Para la realización de la actividad se formaran grupos de 5 estudiantes quienes decidirán las responsabilidades que tendrán en la actividad y consignaran frente a cada rol su nombre.

2. El estudiante designado por el equipo como laboratorista recogerá los materiales escritos a continuación para realizar la actividad.

- φ Embudo.
- φ 100 cm de Manguera de diámetro ensamble con el embudo.
- φ Unión en T para mangueras.
- φ Papel celofán.
- φ Bandas de caucho.
- φ Papel periódico.
- φ Marcadores permanentes.
- φ Guía de la actividad por grupo.
- φ Alimento (preferiblemente una fruta).

3. Se hará el ensamble del estetoscopio siguiendo el siguiente procedimiento:
a) corte con unas tijeras la manguera en tres partes dos de 30cm y una de 40 cm y una las partes como muestra la figura.



b) Tomar la abertura libre del embudo y cubrirla con el papel celofán y asegurarse que este bien templado y fijarlo con las bandas de caucho para mantenerlo así.

4. Con la ayuda del estetoscopio escucha los sonidos de tu pecho, espalda a la altura de los pulmones, en la zona abdominal y has la descripción en el cuadro que se presenta a continuación

Figura 1 Estetoscopio artesanal Tomado de: http://primariaexperimentos.blogspot.com/2011/08/un-estetoscopio-casero.html) (última actualización Junio 22 de 2014.

Tabla 0-1 Cuadro de reporte para los sonidos escuchados con el estetoscopio.

5. Cuadro de reporte de para sonido escuchado con el estetoscopio.

Haz la descripción de los sonidos que escuchaste en cada región de tu cuerpo.		
Pecho	Espalda:	Abdomen:

6. Con ayuda de tu equipo toma las medidas para todos los integrantes de los latidos del corazón (pulsaciones) por minuto así como de las inhalaciones por minuto. Según la primera parte del cuadro que corresponde a reposo.

Tabla 0-2 Formato para la toma de datos de actividad física.

ESTUDIANTES	**REPOSO**		**ACTIVIDAD FISICA**		**REPOSO DESPUES DE LA ACTIVIDAD**	
N°	Pulsaciones	Inhalaciones	Pulsaciones	Inhalaciones	Pulsaciones	Inhalaciones
1						
2						
3						
4						
5						

7. En el patio del colegio da dos vueltas a las canchas de baloncesto y microfútbol con trote moderado para comenzar el calentamiento de preparación física la cual será una sesión de aeróbicos de 20 minutos luego, de ella cada equipo de trabajo tomara los datos de pulsaciones e inhalaciones y los escribirán en el cuadro en parte que dice actividad física.

8. El equipo de trabajo tomara descanso mientras consume un alimento preferiblemente una fruta y después de ello nuevamente se tomarán las medidas de pulsaciones e inhalaciones en un minuto y se terminara el llenado del cuadro.

9. El equipo de trabajo realizará la discusión y análisis de los resultados obtenidos dentro de las actividades, con ayuda del papel periódico y los marcadores entregados como materiales presentara el trabajo elaborado y tratara de dar explicación respondiendo las siguientes preguntas:
a) ¿A dónde va el oxígeno después que llega a los pulmones?
b) ¿Qué tiene que ver el consumo de alimentos con la actividad física y la respiración?
c) ¿Cómo te sentiste después consumir el alimento y a que se puede deber esa sensación?

10. El relator del equipo hará la presentación del trabajo realizado y entregará la guía diligenciada y el papel periódico con la presentación de resultados.

Referencias bibliográficas

ALBERTS, B; BRAY, D; HOPKIN, K; JOHNSON, A; LEWIS, J; RAFF, M; ROBERTS, K & WALTER, P. 2007. Introducción a la biología celular. Cap. 13: Como obtienen energía las células a partir del alimento. Ed. Panamericana Colombia. p. 427 – 452. 821p.

BECKER, W; KLEINSMITH, L; HARDIN J. & BERTONI, G. P. 2007. El mundo de la Célula. Cap. 10: Metabolismo quimiótrofo de la energía: respiración aerobia. Ed. Pearson España. p. 273 – 315. 970p.

CAMPANARIO, J & MOYA, A. 1999. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. En: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, No 17 Vol. (2), 179–192

CHARRIER-MELILLÁN, M; CAÑAL, P & MAXIMILIANO-VEGA, R. 2006. Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y aprendizaje de la nutrición de las plantas. Enseñanza de las Ciencias N° 24 Vol. 3. p. 401 – 410. 9p.

COOPER, G & HAUSMAN, R. 2010. La Célula. Ed. Marbán libros. 818p.

GARCIA, H. 2007. Antonie Laurent Laviosier El investigador del Fuego. Ed. Pax México. 81p.

KARP,G. 1987. Biología Celular. Ed. McGraw Hill. Capítulo 1

MELLADO, V. 2003. Cambio didáctico del Profesorado de Ciencias Experimentales y Filosofia de las Ciencias. En: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, No 21 Vol. (3), 343–358 p.

PANIAGUA, R; NISTAL, M; SESMA, P; ÁLVAREZ-URÍA, M; FRAILE, B; ANADÓN, R & SÁEZ, F. 2007. Biología Celular. Ed. Mc Graw Hill. 404p.

PIAGET, J. 1964. Seis estudios de Psicología. Impreso en Gráficas Diamante, Zamora 83. Barcelona.

QUESADA, B. 2011. La respiración celular: Representaciones y conceptos de los estudiantes de bachillerato de la Institución Educativa Departamental Serrezuela de Madrid y de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas. Trabajo de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en el Repositorio UN.

RAVANAL, E. 2011. Unidad Didáctica para la enseñanza del Metabolismo Celular: Aportes desde las concepciones del profesorado de Biología. EN: Revista Ciencia Escolar: enseñanza y modelización. Vol. 1 63 – 78 p.

SÁNCHEZ, G. & VALCÁRCEL, M.V. 1993. Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. EN: Enseñanza de las Ciencias. No 11 Vol. 1 p. 33 – 44. 12p.

TAMAYO, O. 2001 Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en: http://www.tesisenred.net/handle/10803/4688

TAMAYO, O. & SANMARTIN, N. 2003. Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. EN: Latinoamericana de ciencias sociales, niñez y juventud. Ene-Jun., Vol.1, No.1. p. 15.

TAMAYO, O; ORREGO, M. & DAVILA, A. 2008. Modelos explicativos de los estudiantes acerca del concepto respiración. EN: Vol. 2, No.3. p.50- 63

WHITE, A; HANDLER, P; SMITH, E; HILL, R & LEHMAN, R. 1983.Principios de Bioquímica. Capitulo 12 Oxidaciones Biológicas I. Ed. McGraw Hill. p. 1582.