



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

“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”

Beselink Quesada Núñez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2.011

“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”

Beselink Quesada Núñez

Trabajo Final presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en
Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Directora

Martha Orozco de Amézquita M.Sc.

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2.011

Dedicatoria

Al Ministerio de Educación Nacional, a la Secretaria de Educación de la Gobernación de Cundinamarca área de capacitación docente, a la Universidad Nacional de Colombia agradecimiento por su proyectos de mejoramiento académico de los docentes con visión futurista hacia una educación de calidad en Colombia.

A la Fundación Universitaria Juan N. Corpas por su apoyo hacia el mejoramiento académico y docente.

Al Dr. Guillermo Restrepo y al Dr. Juan Carlos González por la motivación hacia la investigación y a mis compañeros del departamento de Medicina comunitaria por su apoyo.

A la Institución Educativa Departamental Serrezuela de Madrid Cundinamarca por ser campo fértil para la reflexión sobre nuestra tarea docente.

Agradecimientos

¿Cómo podré agradecer al Señor todos los beneficios que me ha hecho?

Salmo 116-12

Infinitas gracias a Dios Todopoderoso por haberme dado la sabiduría y el entendimiento por proveerme de todo lo necesario para salir adelante y por todo lo que me ha dado.

A mi madre mil gracias por el apoyo incondicional que me brinda por todos los sacrificios, así como su comprensión, paciencia por sus oraciones y consejos.

A toda mi familia por ser apoyo incondicional.

A mis estudiantes por ser el principal motivo de mi labor docente, y por su participación en este trabajo.

Resumen

Se aplicó a estudiantes de bachillerato y universidad una encuesta referenciada en el estudio de García Zaforas (2006) con el fin de determinar sus percepciones y conceptos sobre la respiración en general y sobre la respiración celular en particular. Se encontró que: El 11,9% de los colegiales no reconoce que los vegetales respiran; mas del 50% de los estudiantes de bachillerato y universitarios conciben la respiración como un intercambio de gases con el medio ambiente y el 53% de los universitarios no reconoce la respiración en vegetales y confunden la respiración y la fotosíntesis. Aunque los estudiantes relacionan la respiración con procesos energéticos tienen obstáculos para entender cómo funcionan las mitocondrias. En general las concepciones alternativas que se adquieren en el bachillerato se mantienen durante los primeros semestres universitarios lo cual seguramente será un obstáculo para que los futuros profesionales se apropien de temas básicos de ciencias de la salud.

Palabras claves: preconceptos, respiración celular, glucolisis.

Abstract

A survey, based on García Zaforas (2006) study, was implemented to high school and college students to determine their perceptions and concepts about overall respiration and cellular respiration. The results were: 11.9% of high school students does not recognize that vegetables breathe; more than 50% of high school and college students perceives respiration as a gases exchange and 53% of college students does not recognize respiration in vegetables and confuse respiration and photosynthesis. Even though students link respiration with energetic processes, they have difficulty to understand how mitochondria work. All in all, alternative conceptions learned in high school are kept during first semesters in the university, which will be an obstacle for future professionals to acquire basic health sciences topics.

Keywords: pre-concepts, cellular respiration, glycolysis.

Contenido

Resumen y abstract.....	V
Introducción	1
1. Objetivos.....	4
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
2. Contexto socio - económico	6
2.1 Contexto socio-económico de los estudiantes	6
de la Institución Educativa Departamental Serrezuela.....	6
2.2 Contexto socioeconómico de los estudiantes universitarios de la facultad de Medicina de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas.	9
3. Metodología.....	12
4. Revisión bibliográfica disciplinar	13
4.1 La Respiración Celular	13
4.2 Ecuación ciclo de la energía	15
4.3 Reacción química global de la respiración	15
4.4 Generalidades de la respiración celular.....	17
4.4.1 Respiración aerobia.....	20
4.4.1.1 Glucólisis.....	20

VIII 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

4.4.1.2	Formación del Acetil coenzima A.....	21
4.4.1.3	Etapas de la glucólisis.....	21
4.4.2	Vías anaeróbicas.....	26
4.4.2.1	Fermentación alcohólica y láctica	26
4.5	Estructura de las Mitocondrias	28
4.5.1	Ciclo de krebs	29
4.5.2	Transporte de electrones o cadena respiratoria	31
5.	Elementos epistemológicos en el campo de la “Respiración”	33
5.1	Historia y evolución del concepto respiración celular.....	33
5.2	Investigaciones recientes en didáctica de la respiración.....	38
6.	Resultados y discusión	41
7.	Conclusiones	51
8.	Recomendaciones	54
9.	Bibliografía.....	56
A	ANEXO: Encuesta sobre concepto de respiración celular realizada en estudiantes IEDS y FUJNC.....	59

Lista de figuras

	<u>Pág.</u>	
Figura 4.1	Ciclo de Energía	15
Figura 4.2	Complementariedad entre los procesos de fotosíntesis y respiración celular	16
Figura 4.3	Esquema conceptual general de respiración	19
Figura 4.4	Formación de Acetil-CoA	21
Figura 4.5	Resumen de las dos etapas de la Glucólisis	25
Figura 4.6	Esquema bioquímico del proceso de fermentación	27
Figura 4.7	Esquema de la mitocondrial	28
Figura 4.8	Ciclo de Krebs	30
Figura 4.9	Cadena transportadora de electrones o cadena Respiratoria	31
Figura 4.10	Esquema general de la degradación de la glucosa	32

X 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

Lista de tablas

		<u>Pág.</u>
Tabla 5.1	Trabajos en didáctica conceptualización respiración celular	40
Tabla 6.1	Porcentaje de estudiantes de educación media (IEDS) y superior (FUJNC) que respondieron a la pregunta “Respiran los animales?. Respiran los vegetales?”	42
Tabla 6.2	Porcentaje de estudiantes de educación media (IEDS) y superior (FUJNC) que respondieron a la pregunta “La respiración consiste sólo en un intercambio de gases con el medio ambiente?”	43
Tabla 6.3	Porcentaje de estudiantes de educación media (IEDS) y superior (FUJNC) que respondieron a la pregunta La respiración es un proceso para que las células produzcan energía por medio de una combustión?	45
Tabla 6.4	Porcentaje de estudiantes de educación media (IEDS) y superior (FJNC) que respondieron a la pregunta: ¿La materia orgánica y el oxígeno que toman los seres vivos son llevados hasta las células para intervenir en la respiración y expulsar dióxido de carbono?	46
Tabla 6.5	Porcentaje de estudiantes de educación media (IEDS) y superior (FJNC) que respondieron a la pregunta: ¿No ingieren la materia orgánica sino que la fabrican guardando en ella la energía que quedará libre en el proceso de respiración?	47
Tabla 6.6	Porcentaje de estudiantes de educación media (IEDS) y superior (FJNC) que respondieron a la pregunta: ¿Las mitocondrias son los orgánulos más implicados en el proceso de respiración de las células?	48

Tabla 6.7	Porcentaje de estudiantes de educación media (IEDS) y superior (FJNC) que respondieron a la pregunta: ¿Los cloroplastos son los orgánulos más implicados en el proceso de respiración de las células?	49
------------------	---	----

Introducción

La práctica docente permite evidenciar que los estudiantes de secundaria y quienes se inician en la educación terciaria en Colombia tienen un grado de dificultad importante para comprender la relación que existe, entre lo macroscópico y lo microscópico y por ende para percibir, entender y diferenciar los procesos que ocurren en los niveles orgánico y celular.

Las representaciones de las células y sus procesos, con errores o imprecisiones adquiridas en la educación Media, ocasionan en los estudiantes de ciencias de la salud, de los primeros semestres universitarios, dificultades y limitaciones para acceder a conocimientos más avanzados sobre biología celular y molecular, incrementando los problemas de repetencia y pérdida de asignaturas.

Sprinthall *et al.*, (1996) describen de acuerdo a Piaget, que el conocimiento es el resultado de un proceso evolutivo, donde para comprender la realidad se va pasando por etapas o estadios. Por tanto, dependiendo de la edad en particular y de las experiencias cotidianas y escolares, se logran o construyen nuevas formas de conocimiento. Sin embargo, en algunos grados de educación Primaria y Media, no hay un fundamento estructurado, que facilite comprender los procesos fisiológicos que ocurren a nivel celular, lo que lleva a muchos docentes a reflexionar sobre cuándo y cómo abordar los conceptos relacionados con el proceso respiratorio en la escuela.

Como ya se mencionó la enseñanza-aprendizaje de los conceptos científicos está mediada por los conocimientos previos, estas ideas contienen frecuentemente imprecisiones de diversos grados de importancia, persistentes, y por tanto de difícil modificación. Sin embargo, el conocer estos conceptos o representaciones sirve de punto de referencia para establecer cómo se aprende, para desde allí proponer nuevas estrategias didácticas que faciliten el aprendizaje (Banet y Nuñez, 1990).

Recientemente existe un interés renovado en la profundización y capacitación de los docentes de ciencias naturales. En este renacer se ha dado gran importancia, tanto a la educación científica como al conocimiento de la historia de la ciencia. El primer componente capacita al maestro y le proporciona herramientas apropiadas y válidas para ejercer su función, mientras que el segundo, permite una nueva forma de entender el trabajo científico y de comprender mejor cómo evoluciona y se adquiere el conocimiento.

De acuerdo con Mathews (1991) “el pasado de la ciencia puede iluminar el presente del aprendizaje científico”. La investigación sobre la evolución de los conceptos científicos y sobre los acontecimientos que permitieron ir mejorando las explicaciones sobre ellos, ayuda a identificar aspectos y temas que se constituyen como obstáculos y proporciona herramientas valiosas para el diseño de nuevas formas de trabajo en el aula.

Uno de los campos del conocimiento más importantes, para entender cómo funcionan los seres vivos, es la respiración. Sin embargo, su comprensión es difícil debido a las abstracciones que con lleva, a las representaciones que se tienen de ella al gran número de procesos que involucra y a las dificultades propias del proceso de enseñanza aprendizaje. A partir de la indagación, en niños y jóvenes, sobre qué conocimientos tienen sobre el tema y cómo los relacionan con otros saberes; este trabajo pretende contribuir a resolver las siguientes preguntas:

¿El conocimiento científico del proceso de respiración y de su historia facilita la interpretación de las ideas previas y la manera como se estructura este concepto en estudiantes de educación secundaria y superior?

¿Cómo conciben y estructuran la respiración celular y su integración con la fisiología en el nivel orgánico, estudiantes de biología de una institución de educación Media y estudiantes de Universidad de programas de la salud en Colombia?

¿Qué limitaciones se presentan para que los estudiantes comprendan el funcionamiento de los organismos a nivel celular?

¿Cómo entienden los estudiantes la respiración celular y la intervención de los orgánulos en los niveles orgánico y celular en animales y vegetales?

Así pues, este trabajo emplea como material básico para responder las preguntas planteadas, una encuesta en la que indaga sobre las representaciones y los conceptos que

tienen estudiantes de educación Media y de los primeros semestre de universidad, sobre la respiración celular. La población seleccionada para la encuesta pertenece a la Institución Educativa Departamental Serrezuela (IEDS) del municipio de Madrid Cundinamarca (100 estudiantes del curso décimo y once) y 71 estudiantes de primer semestre de carreras de la salud de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas, facultad de Medicina (FUJNC).

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Identificar y analizar aspectos de la estructura de pensamiento que poseen los estudiantes sobre el campo de la respiración y la respiración celular en los seres vivos.

1.2 Objetivos específicos

- Profundizar en el conocimiento y en la historia de la respiración.
- Detectar y analizar la estructuración de pensamiento de los estudiantes sobre el proceso de la respiración celular como fuente de energía de los seres vivos.
- Identificar las representaciones sobre el lugar o lugares donde se lleva a cabo la respiración y si éste proceso se limita a un intercambio de gases.
- Reconocer el grado de identificación de la respiración celular como una reacción química de la materia orgánica, para la que se necesita oxígeno y se desprende dióxido de carbono como producto de desecho.
- Detectar las ideas de los estudiantes sobre el origen de la materia orgánica que se “quema” en la respiración; si ésta es adquirida por ingestión, como hacen los animales, o bien, es fabricada por ellos mismos como hacen los vegetales verdes.

- Investigar la consistencia de estas representaciones comparando las respuestas dadas por estudiantes de bachillerato y de primer semestre de universidad.

2. Contextos socio-económicos

2.1 Contexto socio-económico de los estudiantes de la Institución Educativa Departamental Serrezuela.

La institución Educativa Departamental Serrezuela se encuentra ubicada en el municipio de Madrid departamento de Cundinamarca, es de carácter oficial e imparte formación a niños, jóvenes y adultos desde el preescolar hasta la educación Media académica.

Esta comunidad se enmarca en un país como Colombia que desde hace varios años ha venido mostrando indicadores muy preocupantes desde el punto de vista social y económico, como son, entre otros, el mínimo crecimiento del PIB (1.56% en el 2010), la tasa de desempleo para el año 2011 es de 10,1%. Además, un 40,2 % de la población está por debajo de la línea de pobreza. Lo anterior lleva a considerar que se requieren mecanismos de manejo del país orientados a pagar la enorme deuda social que se tiene con la gran mayoría de ciudadanos, lo que solo es posible, con la generación de nuevas fuentes de trabajo. Colombia para reactivar su economía requiere que el PIB (producto interno

bruto) aumente por encima del 5% anual y que la tasa de desempleo esté cada vez más cercana a lo que se considera el óptimo (7%).¹

La población estudiantil Serrezuelista es heterogénea proviene de familias que en su mayoría constan de una sola cabeza de hogar. En general, en estas familias se presenta un alto índice de desempleo. Las personas que tiene acceso al sistema laboral son operarios de flores, obreros en labores de construcción y empleados de servicios varios y oficios domésticos.

El 75% de familias son extensas y sólo aporta, económicamente, un miembro de ellas. El promedio de ingresos supera ligeramente un salario mínimo. Para mejorar sus finanzas, quienes trabajan realizan turnos en horas extras, invirtiendo en sus labores un tiempo que deberían dedicar al cuidado de los hijos.

El 75% de las familias de los estudiantes vive en arriendo o inquilinatos, con frecuencia en condiciones de hacinamiento. Un 20% de los hogares ha logrado construir su casa con materiales adecuados. El lugar de residencia, salvo en pocos casos, está en zonas periféricas del municipio; en sitios alejados del colegio. En la sede principal se cuenta con una ruta de transporte para quienes habitan en los sitios más apartados.

Cada año egresa de la Institución Educativa Serrezuela un promedio de 300 estudiantes de grado 11 (284 en el 2.010), de las cuales, tan solo el 1% puede acceder a la educación superior y pagar una carrera tecnológica. El municipio de Madrid (Cundinamarca) cuenta con una universidad tecnológica y dos Institutos técnicos universitarios. Pese a las oportunidades, los estudiantes se ven enfrentados a problemáticas y realidades sociales complejas y difíciles, entre ellas tenemos la conformación de pandillas; el microtráfico y el consumo de drogas; y el ocio sin orientación ni programas; lo que origina “proyectos de vida” inciertos y “sin sentido”. El 99%, que no ingresa a estudiar por falta de orientación y recursos económicos, se ve obligado a trabajar para apoyar a sus familias. Ellos solicitan empleo como jornaleros en las empresas de flores, por temporadas cortas, y deben cumplir con horarios extensos.

¹ * Tomado de Universidad Sergio Arboleda “Fomento y Desarrollo del Espíritu Empresarial” 2003

El ingreso de los estudiantes al ámbito laboral empresarial del Municipio está sujeto a exigencias en cuanto a conocimientos básicos. De acuerdo con los empresarios estos jóvenes no cuentan con los conocimientos mínimos requeridos.

El Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la IEDS tiende a solucionar el problema planteado (desempleo y bajo nivel de competitividad en el mercado laboral), puesto que, además de proponer el desarrollo de competencias básicas y ciudadanas plantea la

adquisición de competencias laborales, entendidas como “un conjunto de conocimientos, actitudes y disposiciones que les conduzcan a trabajar en equipo, lograr resultados en una organización o unidad productiva y habilitarlos para conseguir un empleo, generar su propia empresa o negocio, mantenerse en la actividad que elijan y aprender elementos específicos del mundo de trabajo ².

La IED Serrezuela propone una vida cotidiana estudiantil en la que se desarrollen competencias laborales generales; una cultura institucional de la participación; y la generación de ideas, iniciativas y el contacto con el entorno. Para ello plantea la posibilidad de crear convenios InterInstitucionales en articulación con el SENA que conlleven a generar estudiantes competes en el ámbito laboral en la región “Sabana de Occidente”.

Ser bachiller competente laboralmente en el municipio de Madrid Cundinamarca, significa aprovechar las posibilidades que le brinda el entorno como son: la gran variedad de recursos naturales del municipio; la cantidad de empresas agroindustriales; el inmenso mercado de Bogotá y la “Sabana del Occidente”; y el apoyo de entidades gubernamentales y territoriales.

² Proyecto Técnico Aeronáutico, Institución Educativa Serrezuela, 2003. p. 6- PEI encuesta 2004-2005

El nivel sociocultural de la comunidad educativa de la IEDS es bastante heterogéneo, debido al reciente incremento de la población, por la continua inmigración procedente de otras poblaciones de Cundinamarca y de diferentes sitios del país. Quienes llegan tienen la esperanza de encontrar empleo en alguna de las industrias del municipio, están deseosos de mejorar su economía, pero en general, su nivel académico no sobrepasa la primaria.

Debido a la calidad de vida a nivel individual, familiar y social, se evidencia un alto índice de violencia intra familiar, descuido en la salud especialmente oral, problemas relacionados con la agudeza visual y auditiva, aspectos que con frecuencia, originan bajo rendimiento académico. Reiteradamente se manifiesta el desinterés de los padres de familia en la formación de sus hijos por negligencia, por falta de tiempo, o por la escasa preparación académica que tienen ³

2.2 Contexto socioeconómico de los estudiantes universitarios de la facultad de Medicina de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas.

La Escuela de Medicina de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas, fundada desde 1971 por el doctor Jorge Piñeros Corpas, se encuentra ubicada en el área urbana de Bogotá (Colombia) es una institución de carácter privado, está comprometida en la formación de médicos generales que se caractericen por tener una calidad humana y profesional óptima, con un claro perfil orientado a la atención integral de la familia y proyectándose a través de la misma a la sociedad.

³ Tomado de Avances 2010 Proyecto Educativo Institucional (PEI) Institución Educativa Departamental Serrezuela

El aspirante a estudiante a la Escuela de Medicina de la FUJNC debe cumplir con los requerimientos académicos de Ley para ingresar a la institución, demostrando un buen desempeño durante su formación en la educación Media. No solo se solicita una buena formación académica, sino que también, se requiere que quienes ingresan tengan alta sensibilidad social y vocación de servicio, respeto por la vida y por sus congéneres, con valores éticos moralmente aceptados, con inquietud intelectual evidenciada por su quehacer en actividades diferentes a la formación académica específica⁴.

La organización curricular correspondiente en la presente reforma, está dividida de la siguiente manera: Tres ciclos de formación: fundamentación, enlace y médico quirúrgico. Cuatro hilos conductores: Investigación, Semiología, Fisiopatología y Socio- antropológico y cultural). Cinco ejes de formación: estructuración; formación profesional; formación humanística; instrumental y metodológico; y finalmente complementario y electivo⁵.

La biología celular, la biología molecular y la bioquímica hacen parte del ciclo de fundamentación. A través de las evaluaciones realizadas, por parte de decanatura en la FUJNC, se estableció que los estudiantes tienen dificultades para comprender los temas básicos de estas asignaturas y aprobarlas. Así mismo, tienen problemas para relacionar los procesos biológicos, biofísicos y bioquímicos. De allí surgen interrogantes frente a las bases disciplinares y los procesos de pensamiento con que llegan los estudiantes que ingresar a la institución. Por tanto, surge la pregunta que orienta la realización de este proyecto ¿cuáles son las percepciones de los estudiantes universitarios sobre el concepto de respiración? Esto debido a que el determinar el origen de estos preconceptos permitirá sugerir estrategias que conlleven a aprendizajes significativos.

⁴ Proyecto Educativo del Programa de Medicina FUJN 2010.

⁵ Tomado de documento propuesta reforma curricular. FUJNC. 2008

Los estudiantes de la FUJNC, provienen de colegios oficiales y privados, de todas las regiones de Colombia. Durante tres años consecutivos 2003, 2004, 2005 González (2005) en su trabajo “Una mirada al estudiante de la facultad de Medicina de la Fundación Universitaria Juan N Corpas” encontró que dos de cada tres estudiantes son de sexo femenino y esto ha sido reiterativo a lo largo de los tres últimos años. El 60% de las familias provienen del estrato tres; una de cada cuatro pertenece al estrato cuatro y; cerca de un 5% provienen de los estratos dos y cinco. El 97% de las familias viven en casa. En cuatro de cada cinco familias la casa es propia. El número de habitaciones por casa es de cuatro. Uno de cada cinco estudiantes comparte la habitación. En promedio, cerca del 60% los hogares son nucleares completos (padre, madre, hijo). En uno de cada cinco es incompleto (en general por separación de los padres). El número promedio de personas por hogar es de 4.3. En el año 2005 cerca del 85% de los estudiantes se dedicó exclusivamente a estudiar medicina. El 15% restante debe trabajar con el fin de financiar sus estudios.

3. Metodología

Para cumplir con los objetivos planteados en este trabajo se procedió a realizar una revisión bibliográfica. Los temas seleccionados fueron: la respiración, en especial los eventos relacionados con la respiración celular y los conceptos asociados a su desarrollo histórico.

Sobre ideas previas y representaciones del proceso de respiración celular, se consultaron diferentes documentos y se estudió información sobre la investigación adelantada, en Colombia y en otros países. A partir de esta información se procedió a elaborar el documento correspondiente los aspectos disciplinar y epistemológico y didáctica.

Para indagar, analizar y comparar las representaciones que tienen sobre la respiración celular los estudiantes de educación media del IEDS y estudiantes universitarios de la FUJNC se seleccionó el cuestionario propuesto por García Zaforas (2006), en el cual las preguntas se orientan a establecer las concepciones de los encuestados sobre distintos aspectos de la respiración en plantas y animales.

Se realizó previamente una prueba piloto del cuestionario, aplicándolo a cinco estudiantes de cada Institución. Una vez revisadas las preguntas y las respuestas, se ajustó el cuestionario quedando siete preguntas. Los estudiantes debían responder para cada pregunta la forma como ella aplicaba a animales y plantas. Posteriormente se solicitó diligenciar el cuestionario a 100 estudiantes de bachillerato y 71 estudiantes universitarios. Una vez diligenciados los cuestionarios se tabularon en base Excel 2010 y se procedió a elaborar las respectivas tablas. Finalmente se realizó el análisis, la discusión de los resultados y se elaboraron las conclusiones y recomendaciones.

4. Revisión bibliográfica disciplinar

El estudio de la respiración abarca un conjunto diverso de procesos que incluyen, aspectos relacionados con la ventilación, el sistema circulatorio, la difusión –transporte y transformación de gases, la vida celular y tisular, el transporte electrónico y los procesos de oxidación-reducción, entre otros. Lo que ha llevado a que la investigación y el aprendizaje sobre la respiración se realicen a niveles: mecánico, físico, químico, citoquímico y celular (Tamayo, 2001). En este texto se hará mención únicamente a la respiración celular.

4.1 La Respiración Celular

Haremos énfasis en el concepto “respiración celular” ya que generalmente los estudiantes relacionan la respiración solo con el proceso a través del cual inhalan aire (oxígeno) y exhalan dióxido de carbono; y muy pocos lo relacionan con el metabolismo y la serie de reacciones químicas de oxidación-reducción, que ocurren a nivel celular, para obtener energía en forma de una molécula llamada ATP.

Durante los primeros 2000 millones de años de vida en la tierra, la atmósfera estaba formada sobre todo por moléculas reducidas, como hidrógeno molecular (H_2), amoníaco (NH_3) y H_2O . En este periodo el planeta estaba poblado por anaerobios; organismos que capturaban y utilizaban la energía mediante procesos metabólicos independientes del oxígeno (anaeróbicos), como la glucólisis y la fermentación. Después, hace unos 2.700 millones de años, aparecieron las cianobacterias, un nuevo tipo de organismos que realizaban el proceso fotosintético, en el que las moléculas de agua se dividían y se liberaba oxígeno molecular (O_2). El oxígeno puede llegar a ser tóxico, pero por selección natural, con el tiempo evolucionaron especies que no solo estaban protegidas de los efectos dañinos del oxígeno molecular, sino que tenían vías metabólicas que aprovechaban el

oxígeno. Sin la capacidad para usar el oxígeno los organismos solo podían extraer una cantidad limitada de energía de los alimentos y excretaban productos ricos en energía, como ácido láctico y etanol, que no podían metabolizar más.

En cambio los organismos que incorporaban oxígeno en su metabolismo podían oxidar por completo estos compuestos hasta CO_2 y H_2O ; en este proceso extraían un porcentaje mayor de contenido energético. Estos organismos dependientes de oxígeno fueron los primeros aeróbicos de la tierra y luego dieron origen a los procarióticos y eucarióticos. (Karp, 2009)

La respiración celular es uno de los procesos más importantes que se dan dentro de las células vivas. Está constituida por una serie de reacciones de óxido reducción, que permiten la obtención de energía a través de la degradación de una sustancia orgánica, la glucosa (Charlotte, 1992).

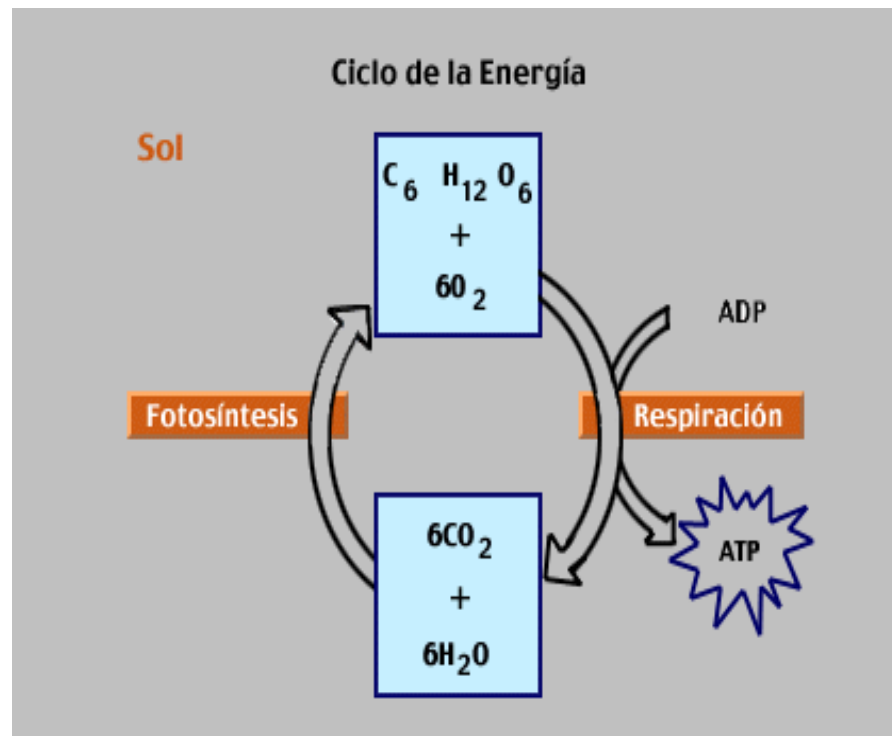
Biggs et al., (1998) definen la respiración como el proceso por medio del cual, moléculas de alimento se rompen para liberar energía. Entre otras definiciones está: "la respiración es un proceso bioquímico en el cual la energía química de las moléculas orgánicas es transferida a los enlaces de ATP" (Bernstein, 1998).

La respiración es indispensable para la vida de los organismos aeróbicos. Gracias a ella se obtiene la energía necesaria para realizar todas las funciones y procesos vitales. Villee, (1996) define "la respiración como el proceso a través del cual las células extraen la energía presente en la glucosa, ácidos grasos, y otros compuestos orgánicos, utilizando oxígeno y produciendo dióxido de carbono y agua".

4.2 Ecuación ciclo de la energía

Las plantas y animales, lo mismo que otros organismos de metabolismo equivalente, se relacionan a nivel macro ecológico por la dinámica que existe entre respiración y fotosíntesis. En la respiración se emplean el oxígeno del aire, que a su vez es un producto de la fotosíntesis, y se desecha dióxido de carbono; en la fotosíntesis se utiliza el dióxido de carbono y se produce el oxígeno, necesario luego para la respiración aeróbica. Como lo podemos ver en la figura 4.1.

Figura 4.1 Ciclo de la energía



Tomado de Curtis et al., (2008)

Fecha de consulta 15 septiembre de 2011

Disponible en: http://www.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMlval2.6.html

4.3 Reacción química global de la respiración

La reacción química global de la respiración celular es la siguiente:

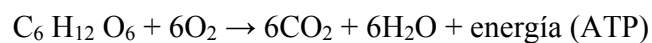
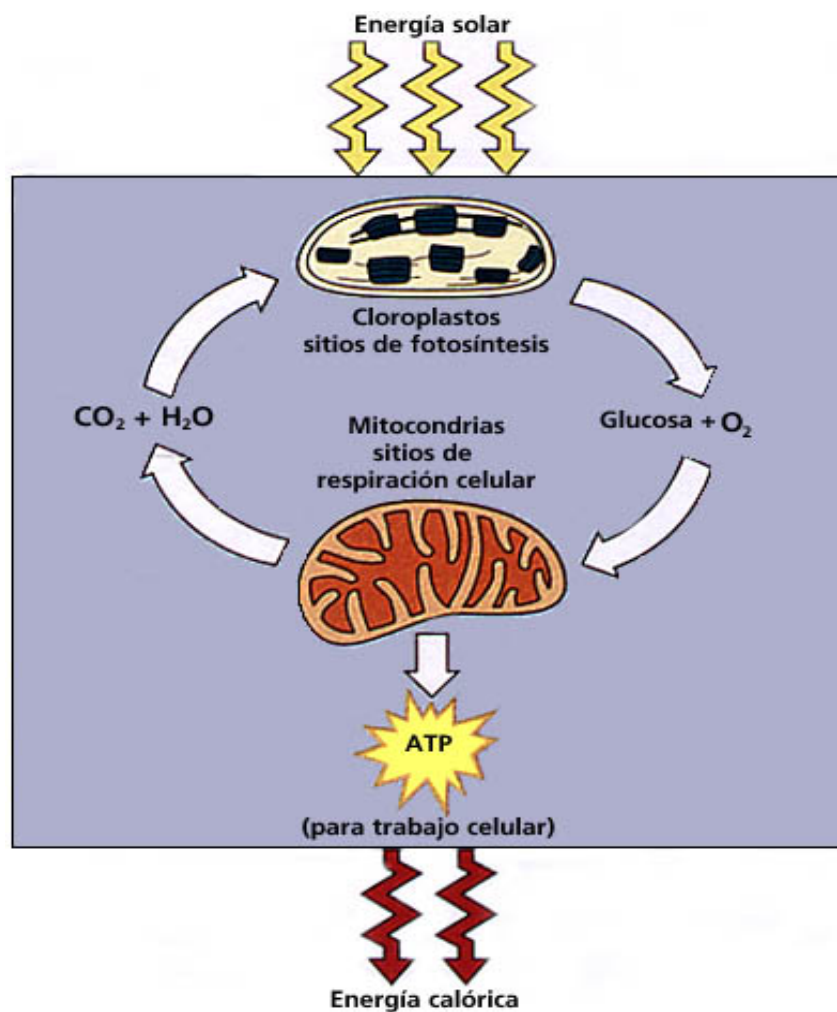


Figura 4.2 Complementariedad entre los procesos de fotosíntesis y respiración celular



Tomado de Curtis et al., (2008)

Fecha de consulta 15 septiembre de 2011

Disponible en: http://www.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMlval2.6.html

4.4 Generalidades de la respiración celular.

Las células necesitan provisión constante de energía para preservar el orden biológico que las mantiene vivas. Esta energía proviene de los enlaces químicos en las moléculas de alimento, que son como combustible para las células. Los vegetales elaboran sus propios monosacáridos a partir de CO₂ por medio de la fotosíntesis. Los animales obtienen los monosacáridos y otras moléculas como el almidón que se desdoblan con facilidad en monosacáridos, cuando ingieren otros organismos. Sin embargo, el proceso por el cual estos monosacáridos se oxidan y generan energía es muy semejante en animales y vegetales. En ambos casos, las células que forman el organismo aprovechan la energía de los enlaces químicos, contenida en los monosacáridos, cuando la molécula se degrada y se oxida a dióxido de carbono (CO₂) y H₂O. Esta energía se almacena en forma de enlaces de alta energía (enlaces covalentes que liberan grandes cantidades de energía cuando se hidrolizan) en moléculas de ATP Y NADPH. A su vez, estas moléculas transportadoras son como fuentes portátiles de los grupos químicos y los electrones necesarios para las biosíntesis.

A continuación analizaremos los pasos principales para la degradación de los monosacáridos y como esta oxidación produce ATP y NADPH y otras moléculas transportadoras activadas en las células. Nos centraremos en la glucosa porque esta reacciones dominan la producción de energía en la mayor parte de las células animales. Una vía muy semejante opera en los vegetales, en hongos y en muchas bacterias.

Las células necesitan provisión constante de energía para preservar el orden biológico que las mantiene vivas. Esta energía proviene de los enlaces químicos en las moléculas de alimento, que son como combustible para las células.

Los vegetales elaboran sus propios monosacáridos a partir de CO₂ por medio de la fotosíntesis. Los animales obtienen los monosacáridos y otras moléculas como el almidón

que se desdoblan con facilidad en monosacáridos, cuando ingieren otros organismos. Sin embargo, el proceso por el cual estos monosacáridos se oxidan y generan energía es muy semejante en animales y vegetales. En ambos casos, las células que forman el organismo aprovechan la energía de los enlaces químicos, contenida en los monosacáridos, cuando la molécula se degrada y se oxida a dióxido de carbono (CO_2) y H_2O . Esta energía se almacena en forma de enlaces de alta energía (enlaces covalentes que liberan grandes cantidades de energía cuando se hidrolizan) en moléculas de ATP Y NADPH. A su vez, estas moléculas transportadoras son como fuentes portátiles de los grupos químicos y los electrones necesarios para las biosíntesis.

A continuación analizaremos los pasos principales para la degradación de los monosacáridos y como esta oxidación produce ATP y NADPH y otras moléculas transportadoras activadas en las células. Nos centraremos en la glucosa porque esta reacciones dominan la producción de energía en la mayor parte de las células animales. Una via muy semejante opera en los vegetales, en hongos y en muchas bacterias.

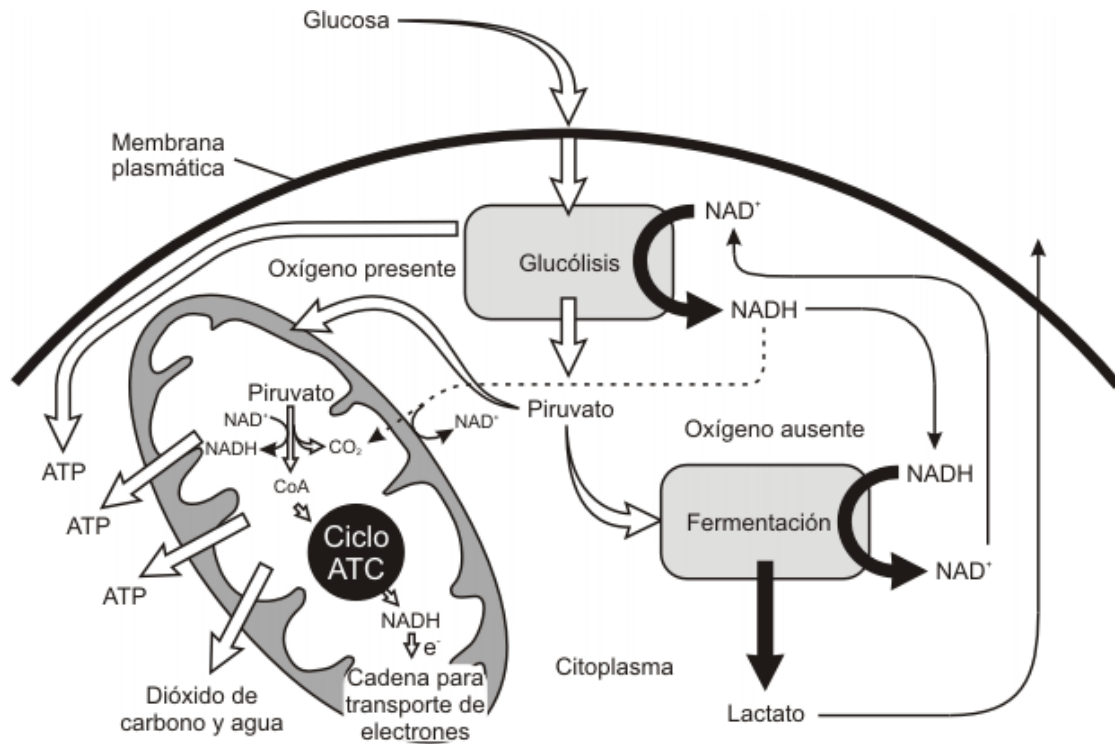
En Curtis (2008) se dice que en los seres vivos aeróbicos la oxidación de la glucosa se desarrolla en dos etapas principales:

La glucólisis que ocurre en el citoplasma y la oxidación del ácido pirúvico que ocurre en las mitocondrias (respiración celular)

La respiración mitocondrial tiene dos etapas:

- a. El ciclo de Krebs
- b. El transporte de electrones que tiene lugar en la membrana celular de las células procariontes y en las mitocondrias de las células eucariontes.

Figura 4.3 Esquema conceptual general de respiración



Tomado de Márquez y Zabala (2009)

Fecha de consulta 15 abril de 2011

Disponible en: <http://genomasur.com/lecturas/Guia09.htm>.

En este esquema general de la figura 4.3 se observa que la respiración celular ocurre en distintas estructuras celulares. La primera de ellas es la glucólisis que ocurre en el citoplasma. La segunda etapa dependerá de la presencia o ausencia de O₂ en el medio, determinando en el primer caso la respiración aeróbica (ocurre en las mitocondrias), y en el segundo caso la respiración anaeróbica o fermentación (ocurre en el citoplasma).

4.4.1 Respiración aerobia

La respiración aerobia es el conjunto de reacciones en las cuales el ácido pirúvico producido por glucólisis se desdobla a bióxido de carbono y agua, y se producen grandes cantidades de ATP. Utiliza la glucosa como combustible y el oxígeno como aceptor final de electrones. Se distinguen cuatro etapas en la respiración aerobia.

4.4.1.1 Glucólisis.

Comienza en el citosol de la célula. Es una secuencia compleja de reacciones, mediante las cuales una molécula de glucosa se desdobla en dos moléculas de ácido pirúvico, lo que produce una ganancia de energía de dos moléculas de ATP y dos moléculas del transportador de electrones NADH. Este proceso consta de dos etapas: la primera es la activación de la glucosa (azúcar con seis átomos de carbono), en la que ocurren dos reacciones de catalización enzimática y cada una de ellas utiliza ATP y se convierte de una molécula relativamente estable de glucosa en una muy reactiva de bifosfato de fructuosa, las que a su vez se separan en dos moléculas de tres carbonos de fosfogliceraldehído que pasan por una serie de reacciones antes de producir dos moléculas de ácido pirúvico. Dos de estas reacciones se asocian a la síntesis de ATP, y generan 2 moléculas de ATP por cada fosfogliceraldehído.

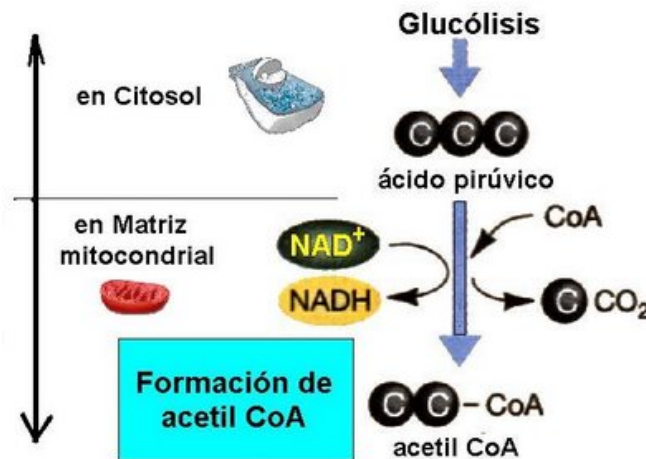
La segunda es la producción de energía y un ion hidrógeno se agrega al transportador de electrones vacío NAD^+ para formar NADH. Se producen dos moléculas de fosfogliceraldehído por cada molécula de glucosa, de tal manera que se forman dos transportadores NADH.



4.4.1.2 Formación de acetil coenzima A.

Cada molécula de ácido pirúvico entra a la matriz intermembranal de una mitocondria y se oxida en una molécula de dos carbonos, el grupo acetil se une a la coenzima A para formar acetil coenzima A. Simultáneamente, el NAD^+ recibe dos electrones y un ion hidrógeno para obtener NADH y se produce CO_2 como producto de desecho.

Figura 4.4 Formación de Acetil CoA



Tomado de Márquez y Zabala (2009)

Fecha de consulta 15 abril de 2011

Disponible en: <http://genomasur.com/lecturas/Guia09.htm>

4.4.1.3 Etapas de la glucólisis

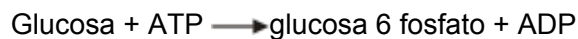
Como ya se indicó la glucólisis, lisis o escisión de la glucosa, tiene lugar en una serie de nueve reacciones, cada una catalizada por una enzima específica, hasta formar dos moléculas de ácido pirúvico, con la producción concomitante de ATP. La ganancia neta es de dos moléculas de ATP, y dos de NADH por cada molécula de glucosa. Estas reaccio-

nes ocurren en el citoplasma, y pueden darse en condiciones anaerobias; es decir en ausencia de oxígeno.

Los primeros cuatro pasos de la glucólisis sirven para fosforilar (incorporar fosfatos) a la glucosa y convertirla en dos moléculas del compuesto de 3 carbonos gliceraldehído fosfato (PGAL). En estas reacciones se invierten dos moléculas de ATP a fin de activar la molécula de glucosa y prepararla para su ruptura.

Paso 1

La serie de reacciones glucolíticas se inicia con la activación de la glucosa



La reacción del ATP con la glucosa para producir glucosa 6-fosfato y ADP es endérgica. Parte de la energía liberada se conserva en el enlace que une al fosfato con la molécula de glucosa que entonces se energiza.

Paso 2

La glucosa 6-fosfato sufre una reacción de reordenamiento catalizada por una isomerasa, con lo que se forma la fructosa 6-fosfato

Paso 3

La fructosa 6-fosfato acepta un segundo fosfato del ATP, con lo que se genera fructosa 1,6-difosfato; es decir fructosa con fosfatos en las posiciones 1 y 6.

La enzima que regula esta reacción es la fosfofructocinasa.

Nótese que hasta ahora se han invertido dos moléculas de ATP y no se ha recuperado energía.

La fosfofructocinasa es una enzima alostérica, el ATP es un efector alostérico que la inhibe. La interacción alostérica entre ellos es el principal mecanismo regulador de la glucólisis. Si existe ATP en cantidades suficientes para otros fines de la célula, el ATP inhibe la actividad de la enzima y así cesa la producción de ATP y se conserva glucosa. Al agotar la célula la provisión de ATP, la enzima se desinhibe y se reanuda la degradación de la glucosa. Este es uno de los puntos principales del control de la producción de ATP.

Paso 4

La fructosa 1,6 -difosfato se divide luego en dos azúcares de 3 carbonos, gliceraldehído 3-fosfato y dihidroxiacetona fosfato. La dihidroxiacetona fosfato es convertida enzimáticamente (isomerasa) en gliceraldehído fósforo (PGAL) . Todos los pasos siguientes deben contarse dos veces para tener en cuenta el destino de una molécula de glucosa. Hasta el momento no se ha obtenido ninguna energía biológicamente útil. En reacciones subsiguientes, la célula recupera parte de la energía contenida en el PGAL.

Paso 5

Las moléculas de PGAL se oxidan, es decir, se eliminan átomos de hidrógeno con sus electrones, y el NAD^+ se reduce a NADH. Esta es la primera reacción en la cual la célula cosecha energía. El producto de esta reacción es el fosfoglicerato. Este compuesto reacciona con un fosfato inorgánico (P_i) para formar 1,3 difosfoglicerato. El grupo fosfato recién incorporado se encuentra unido por medio de un enlace de alta energía.

Paso 6

El fosfato rico en energía reacciona con el ADP para formar ATP (en total dos moléculas de ATP por molécula de glucosa). Esa transferencia de energía desde un compuesto con un fosfato, de alta energía se conoce como fosforilación.

Paso 7

El grupo fosfato remanente se transfiere enzimáticamente de la posición 3 a la posición 2 (ácido 2-fosfoglicérico).

Paso 8

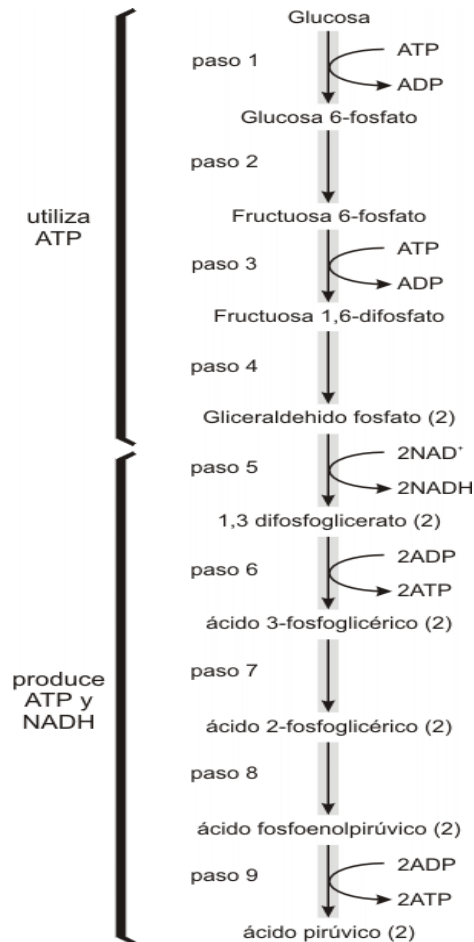
En este paso se elimina una molécula de agua del compuesto de tres carbonos. Este reordenamiento interno de la molécula concentra energía en la vecindad del grupo fosfato. El producto es el ácido fosfoenolpirúvico (PEP).

Paso 9

El ácido fosfoenolpirúvico tiene la capacidad de transferir su grupo fosfato a una molécula de ADP para formar ATP y ácido pirúvico. (dos moléculas de ATP y ácido pirúvico por cada molécula de glucosa).

A continuación en la figura 4.5 se resumen de las etapas de la glucólisis.

Figura 4.5 Resumen de las etapas de la glucólisis



Tomado de Márquez y Zabala (2009)

Fecha de consulta 15 abril de 2011

Disponible en: <http://genomasur.com/lecturas/Guia09.htm>

En la primera etapa se utilizan 2 ATP y en la segunda se producen 4 ATP y 2 NADH. Otros azúcares, además de la glucosa, como la manosa, la galactosa y las pentosas, así como el glucógeno y el almidón, pueden ingresar en la glucólisis una vez convertidos en glucosa 6-fosfato (Márquez y Zabala, 2011)

4.4.1.4 Ecuación de la Glucólisis



4.4.2 Vías anaeróbicas

El ácido pirúvico puede tomar por una de varias vías. Dos son anaeróbicas (sin oxígeno) y se les denomina FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA y FERMENTACIÓN LÁCTICA.

A la falta de oxígeno, el ácido pirúvico puede convertirse en etanol (alcohol etílico) o ácido láctico según el tipo de célula. Por ejemplo, las células de las levaduras pueden crecer con oxígeno o sin él. Al extraer jugos azucarados de las uvas y dejarlos en forma anaerobia, las células de las levaduras convierten el jugo de la fruta en vino, transformando la glucosa en etanol. Cuando el azúcar se agota las levaduras dejan de fermentar y en este punto la concentración de alcohol está entre un 12 y un 17 % según sea la variedad de la uva y la época en que fue cosechada. La formación de alcohol a partir del azúcar se llama fermentación.

4.4.2.1 Fermentación alcohólica y láctica

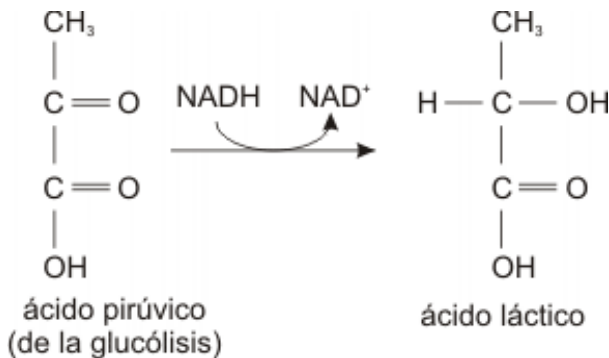
El ácido pirúvico formado en la glucólisis se convierte anaeróbicamente en etanol. En el primer caso se libera dióxido de carbono, y en el segundo se oxida el NADH y se reduce a acetaldehído.

Otras células, como por ejemplo los glóbulos rojos, las células musculares y algunos microorganismos transforman el ácido Pirúvico en ácido láctico.

En el caso de las células musculares, la fermentación láctica, se produce como resultado de ejercicios extenuantes durante los cuales el aporte de oxígeno no alcanza a cubrir las necesidades del metabolismo celular. La acumulación del ácido láctico en estas células produce la sensación de cansancio muscular que muchas veces acompaña a esos ejercicios.

En esta reacción el NADH se oxida y el ácido pirúvico se reduce transformándose en ácido láctico.

Figura 4.6 Esquema bioquímico del proceso de fermentación



Tomado de Márquez y Zabala (2009)

Fecha de consulta 15 abril de 2011

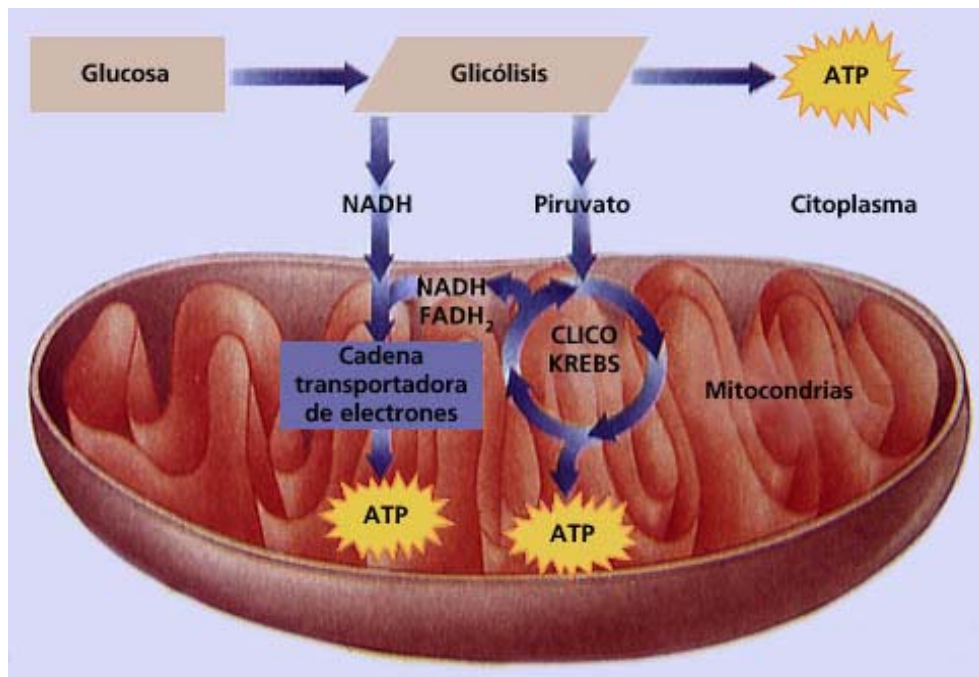
Disponible en: <http://genomasur.com/lecturas/Guia09.htm>

La fermentación sea ésta alcohólica o láctica ocurre en el citoplasma. Esquema bioquímico del proceso de fermentación

1. Alcohólica: $2 \text{ ácido pirúvico} + 2 \text{ NADH} \rightarrow 2 \text{ etanol} + 2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ NAD}^+$
2. Láctica: $2 \text{ ácido pirúvico} + 2 \text{ NADH} \rightarrow 2 \text{ ácido láctico} + 2 \text{ NAD}^+$

4.5 Estructura de las Mitocondrias

Figura 4.7 Esquema de la mitocondrial



Tomado de Curtis et al., 2008

Fecha de consulta 15 septiembre de 2011

Disponible en: http://www.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMlval2.6.html

Las mitocondrias son orgánulos celulares rodeados por dos membranas, una externa que es lisa y una interna que se pliega hacia adentro formando crestas. Dentro del espacio interno de la mitocondria en torno a las crestas, existe una solución densa (matriz o estroma) que contiene enzimas, coenzimas, agua, fosfatos y otras moléculas que intervienen en la respiración.

La membrana externa es permeable para la mayoría de las moléculas pequeñas, pero la interna sólo permite el paso de ciertas moléculas como el ácido pirúvico y el ATP y restringe el paso de otras. Esta permeabilidad selectiva de la membrana interna, tiene una importancia crítica porque capacita a las mitocondrias para destinar la energía de la respiración para la producción de ATP.

La mayoría de las enzimas del ciclo de Krebs se encuentran en la matriz mitocondrial. Las enzimas que actúan en el transporte de electrones se encuentran en las membranas de las crestas. Las membranas internas de las crestas están formadas por un 80 % de proteínas y un 20 % de lípidos.

En las mitocondrias, el ácido pirúvico proveniente de la glucólisis, se oxida a dióxido de carbono y agua, completándose así la degradación de la glucosa. El 95 % del ATP producido se genera, en la mitocondria.

Las mitocondrias son consideradas orgánoides semiautónomos, porque presentan los dos ácidos nucleicos (del tipo procarionte).

Para concluir, es importante destacar que el ciclo de Krebs se lleva a cabo en la matriz mitocondrial; mientras que el transporte de electrones y la fosforilación oxidativa se producen a nivel de las crestas mitocondriales.

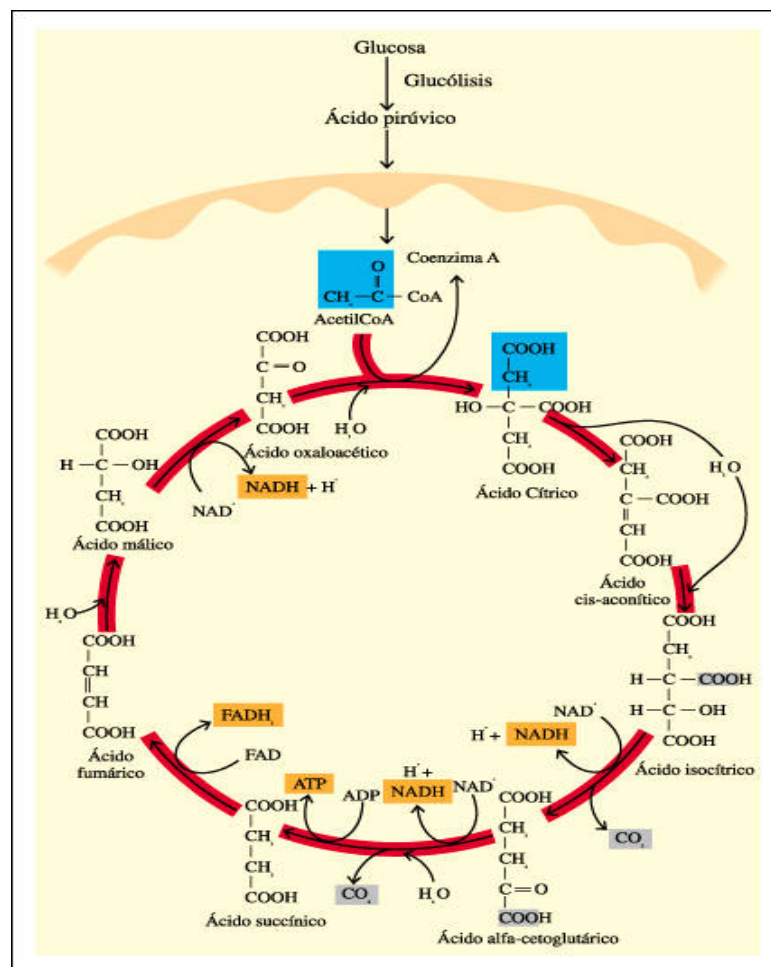
4.5.1 Ciclo de Krebs

El ácido pirúvico sale del citoplasma, donde se produce mediante glucólisis y atraviesa las membranas externa e interna de las mitocondrias. Antes de ingresar al Ciclo de Krebs, el ácido pirúvico, de 3 carbonos, se oxida. Los átomos de carbono y oxígeno del grupo carboxilo se eliminan como dióxido de carbono (descarboxilación oxidativa) y queda un grupo acetilo, de dos carbonos. En esta reacción exergónica, el hidrógeno del carboxilo reduce a una molécula de NAD⁺ a NADH.

Ahora la molécula original de glucosa se ha oxidado a dos moléculas de CO₂, dos grupos acetilos y, además se formaron 4 moléculas de NADH (2 en la glucólisis y 2 en la oxidación del ácido pirúvico).

Cada grupo acetilo es aceptado por un compuesto llamado coenzima A dando un compuesto llamado acetilcoenzima A (acetil CoA). Esta reacción es el eslabón entre la glucólisis y el ciclo de Krebs como se puede ver en la figura 4.8.

Figura 4.8 Ciclo de Krebs



Tomado de Curtis et al., (2008)

Fecha de consulta 15 septiembre de 2011

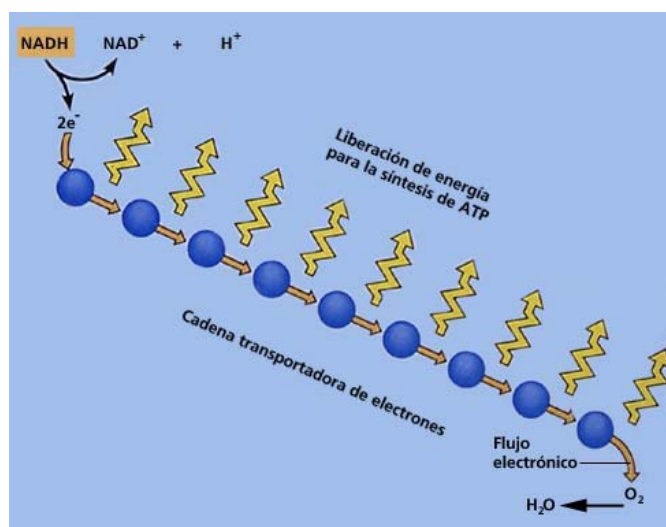
Disponible en: http://www.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMlval2.6.html

4.5.2 Transporte de electrones o cadena respiratoria

En esta etapa se oxidan las coenzimas reducidas, el NADH se convierte en NAD⁺ y el FADH₂ en FAD⁺. Al producirse esta reacción, los átomos de hidrógeno (o electrones equivalentes), son conducidos a través de la cadena respiratoria por un grupo de transportadores de electrones, llamados citocromos. Los citocromos experimentan sucesivas oxidaciones y reducciones (reacciones en las cuales los electrones son transferidos de un dador de electrones a un aceptor).

En consecuencia, en esta etapa final de la respiración, estos electrones de alto nivel energético descienden paso a paso hasta el bajo nivel energético del oxígeno (último aceptor de la cadena), formándose de esta manera agua.

Figura 4.9 Cadena transportadora de electrones en la mitocondria



Tomado de Curtis et al., (2008)

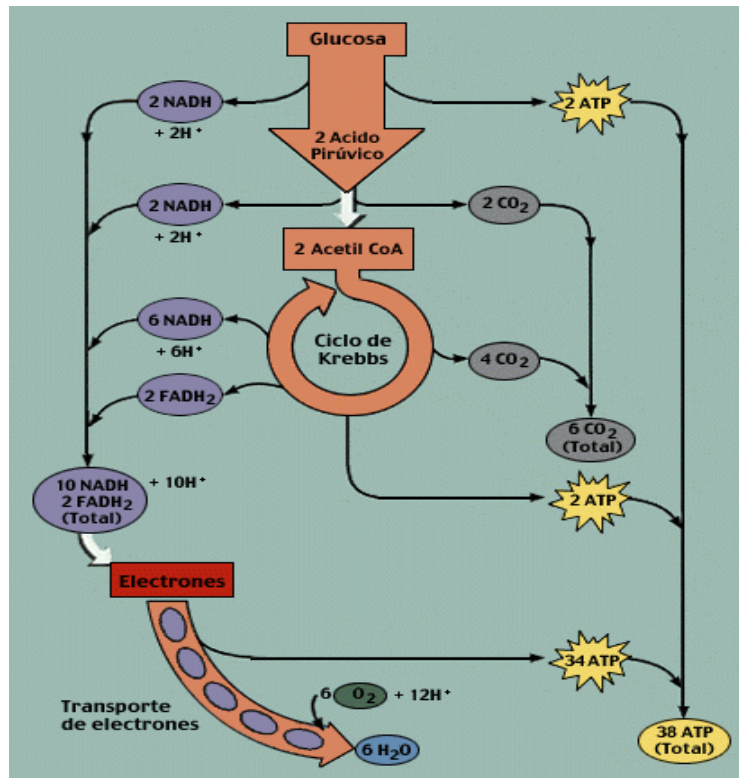
Fecha de consulta 15 septiembre de 2011

Disponible en: http://www.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMlval2.6.html

Cabe aclarar que los tres primeros aceptores reciben el H⁺ y el electrón conjuntamente. En cambio, a partir del cuarto aceptor, sólo se transportan electrones, y los H⁺ quedan en solución.

En síntesis la respiración celular se puede representar tal como aparece en la siguiente figura.

Figura 4.10 Esquema general de la degradación de la glucosa: Glucólisis, Ciclo de Krebs y Cadena transportadora de electrones



Tomado de Curtis et al., (2008)

Fecha de consulta 15 septiembre de 2011

Disponible en: http://www.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMlval2.6.html

5. Elementos epistemológicos en el campo de la “Respiración”

5.1 Historia y evolución del concepto respiración celular

En la actualidad el término de respiración se utiliza para describir los procesos que llevan a la oxidación de metabolitos celulares y a la transferencia de electrones a través de una serie de transportadores. En últimas, se originan H₂O y CO₂ y la energía, que es liberada en diversos pasos, se traduce en ATP u otras formas adecuadas para el trabajo metabólico (Azcon y Talon, 1993).

Al igual que ocurre con otros temas de matemáticas, física y biología, la respiración se considera un campo conceptual debido a la complejidad de los procesos que involucra. Por tanto, es definida como una unidad de estudio centrada en la ubicación o sitios donde se realizan los procesos, los eventos implicados y las funciones o productos intermedios y finales. En los mismos términos de la respiración, se han constituido como campos conceptuales: las estructuras aditivas, las estructuras multiplicativas, la lógica de clases, el álgebra etc.

Óscar Eugenio Tamayo Alzate (2001) en su tesis doctoral titulada: *“Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración”* realizada en la Universidad de Barcelona, concluyó que “el estudio de la respiración abarca un conjunto diverso de fenómenos que incluye aspectos relacionados con la ventilación, el sistema circulatorio, la difusión-transporte y transformación de los gases, la vida celular y tisular, el transporte electrónico y los procesos de oxidación-reducción, entre otros”. Lo que ha llevado a que la investigación y los procesos de “enseñanza – aprendizaje” sobre la respiración se realicen a niveles: mecánico, fisicoquímico, celular y cito-bioquímico.

Para el análisis epistemológico se sintetizan como paradigmas explicativos de la respiración: el aliento vital, el intercambio de gases, la combustión, la oxidación y el acoplamiento quimiosmótico (Tamayo y Sanmartín, 2003).

La respiración es uno de los fenómenos de la vida que no parece plantear problemas debido a lo familiar que es para cada una de las personas. Surge ligada a la vida de los hombres desde “el nacimiento” hasta que se “expira”. Sin embargo, su comprensión científica aunque parece obvia requiere el estudio de estructuras, conceptos y procesos complejos.

Lo que ahora llamamos “respiración” se perfila en la antigüedad y su comprensión se ha ido cimentando a partir de supuestos, observaciones y conclusiones provenientes de diversos investigadores (Mosterin, 2007). Los griegos se referían a la respiración “como una condición de vida y de conciencia, consideraban el corazón como el órgano de aliento y de respiración” (Tamayo *et al.*, 2008). Desde esta perspectiva, la respiración sustenta la vida biológica y el funcionamiento del espíritu, ella es “el aliento vital”.

Platón y Aristóteles citan a la respiración como un proceso de intercambio de gases con el medio ambiente. Explican la respiración como parte de las “necesidades para la satisfacción de requerimientos nutritivos y para el enfriamiento del cuerpo”; mencionan las partículas de aire -bajo la concepción que ellas alimentan el cuerpo. Aristóteles relaciona la respiración con la regulación interna y sus explicaciones van más allá de las argumentaciones filosóficas, le concede a la respiración una finalidad netamente fisiológica; elimina sus posibles relaciones con las sensaciones, con el alma, y hace de la respiración un mecanismo de refrigeración del calor interno (Tamayo *et al.*, 2008). Mientras que para Platón, el aire penetra en el cuerpo de dos maneras: primero por la nariz, por donde alcanza los pulmones, para volver a salir. Pero su trayecto no se detiene ahí; una vez afuera, al parecer, vuelve a entrar a través de la piel para llegar al corazón o al hígado, ya que estos órganos son los lugares del “fuego interior” (Giordan *et al.*, 1988).

Galeno aporta nuevos conocimientos sobre la anatomía del pulmón y del corazón y sobre la mecánica de la respiración; recupera la idea de refrigeración del cuerpo, explica que el aire alimenta y que existe una combustión interna.

En los escritos de Hipócrates los médicos de la época se interesaban por los síntomas de la buena o mala respiración. La consideraban en primer lugar, un asunto de refrigeración, sobre todo del corazón, donde se encuentran la sangre y el aire, lo cual no deja de producir un fuerte calor. Se dice que el aire entra por la nariz, de ahí se dirige al cerebro y de allí va al vientre, los pulmones y hacia los vasos para refrigerar (Giordan *et al.*, 1988).

Van Helmont explica el concepto como una fermentación, cuando la sangre pasa por el ventrículo izquierdo, supone que el cambio de color de la sangre se debe a que una sustancia o partículas desaparecen, son consumidas, lo que hace que cambie el color, esta respuesta la relaciona con calor. Esta sustancia o partículas son recuperadas cuando la sangre pasa por los pulmones.

Posteriormente, Priestley propone que la sangre ingresa a los pulmones con lo que llama flogisto y sale sin él. Es decir, la respiración elimina el exceso de flogisto, el cual pasa al aire y lo vuelve inadecuado para la misma respiración. Por tanto, la respiración afecta el aire 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 las transformaciones químicas. Así pues Priestley, Boyle, Hales y Black se dan cuenta que, la respiración ejerce “una acción evidente sobre el aire de la atmósfera, que disminuye de volumen, que cambia de naturaleza, y que en un intervalo de tiempo bastante breve, el fluido que sirve para esta función pierde la propiedad de mantener la vida de los animales” (Tamayo, *et al.*, 2008; Giordan *et al.*, 1988).

A partir de los trabajos de Lavoisier, en el siglo XVIII, se retoma y concibe la respiración como una combustión lenta. Tamayo *et al.* (2008), describen que para Lavoisier la respiración “se relaciona con una combustión del carbón que se encuentra en la sangre, que se conserva en el cuerpo y que se desprende cuando el aire de la atmósfera se transforma a gas carbónico”, al igual que ocurre en cualquier proceso de combustión. Este trabajo llevó a medir la concentración del oxígeno usado y del gas carbónico liberado en el proceso. Así mismo, concluyó que el calor producido por el animal era igual al calor de la combustión de los elementos.

Lavoisier remata explicando que en la respiración, por una consecuencia necesaria, se sustrae oxígeno y se vierte gas carbónico. Así mismo, en ella como en la combustión, es el aire de la atmósfera el que proporciona el oxígeno y el “calórico”, pero, a fin de cuentas, en la respiración es la sustancia misma del animal, es la sangre, la que proporciona el combustible “si los animales no recuperan, habitualmente mediante los alimentos, lo que pierden por la respiración, pronto faltaría aceite en la lámpara y el animal perecería, igual que una lámpara se extingue por falta de sustento” (Giordan *et al.*, 1988). Se alcanza así un nuevo nivel de formulación de la respiración, sin embargo, no se han resuelto problemas como la localización de la combustión, ya que se vuelve a la idea que ella se realiza en los pulmones. Aunque quienes refutan esta teoría señalan que ello no es posible y que la respiración es un proceso de combustión que ocurre en todo el cuerpo.

Es así como poco a poco se va transformando el concepto, es evidente que cada vez la explicación se va tornando fisiológica, basada en observaciones directas, en donde se tiene en cuenta, adicionalmente al intercambio de gases, el cambio de color de la sangre y su transformación, cuando pasa por los pulmones, al igual que la relación de ella con el corazón.

Años más tarde Liebig sugiere la idea de los glóbulos rojos e insiste en “la tendencia de los compuestos de hierro para captar o perder oxígeno” y concluye que los corpúsculos de la sangre arterial contienen un compuesto de hierro que se satura de oxígeno... (que lo pierde) cuando pasa a través de los capilares... y el compuesto rico en oxígeno se transforma, al perder el oxígeno, en un compuesto pobre en oxígeno” (Coppo, 2008; Giordan *et al.*, 1988).

A finales del siglo XIX y luego de controversias, avances en termodinámica y aportes varios, Berthelot propone medir la producción de calor considerando la relación entre el carbono y el oxígeno intercambiados durante la respiración, y plantea determinar el calor de combustión de las proteínas y de los lípidos de perro y de los constituyentes orgánicos de las proteínas. Descubre lo que hoy parece normal, y es que el calor producido por un

animal es igual al calor de combustión de los elementos, de allí, recuperando los trabajos realizados sobre fermentaciones, se logra profundizar y hacer evidente que ocurre una serie de reacciones las cuales dependen de reguladores químicos que las catalizan es decir de las “enzimas” (Giordan *et al.*, 1988).

Con el tiempo se recobra la idea de Hope-Seyler “en el protoplasma, las síntesis y las catálisis se desarrollan siguiendo una serie de etapas intermedias”. Así se evidenció que la combustión en los términos de Lavoisier no era posible y se estableció que en la respiración se presenta una cadena de reacciones catalizadas que lleva a la producción de trabajo y calor, que el proceso requiere oxígeno, el cual es transportado por la hemoglobina y desprende gas carbónico. Sin embargo, aún faltaba por establecer la secuencia de las reacciones y la cadena de productos, además, se ignoraba la función del oxígeno (Giordan *et al.*, 1988).

Al finalizar el siglo XIX, gracias a los avances en microscopia se descubrieron las mitocondrias y se inició el estudio de los procesos metabólicos. Con toda esta información se fue elaborando un modelo molecular para explicar en detalle la respiración celular. Los últimos descubrimientos a nivel ultra estructural han llevado al desarrollo de la bioenergética y al planteamiento de la teoría quimio-osmótica (Tamayo *et al.*, 2008).

El modelo se fue configurando poco a poco en la medida en que se comprobó la existencia de una cadena de reacciones sucesivas, la presencia de catalizadores específicos para cada reacción, la deshidrogenación y el progresivo desprendimiento de energía que es recuperada por sustancias “ricas en energía”.

Posteriormente, se logró reconocer las reacciones completas de la glicólisis, que a mediados del siglo XX culminaron con el ciclo de Krebs, lo mismo que el transporte de hidrógeno y de electrones con los aceptores sucesivos. Finalmente, los trabajos sobre las membranas mitocondriales y sus funciones permitieron descubrir el elemento fundamental del sistema: la fosforilación y la síntesis de ATP, la molécula rica en energía. Así pues, con el desarrollo de la teoría celular se tomó la célula como la unidad básica donde se dan los pasos claves de la respiración y se logró establecer claramente la función de las mitocondrias (Giordan *et al.*, 1988).

La historia de este campo conceptual (no es posible hablar de un concepto único, dada la diversidad de aspectos que abarca) no se debe al establecimiento sucesivo de una serie de nociones que se relacionan progresivamente a una estructura de pensamiento inicial sino, al contrario, por un desplazamiento permanente de las ideas que, al ir relacionándolas condujeron a la configuración de un modelo fundamentado sobre el tema.

5.2 investigaciones recientes en didáctica de la respiración

Un primer grupo de las investigaciones recientes sobre la didáctica de la respiración comprende los estudios realizados por Chevallard (1985) y Dupin y Josua (1993) quienes analizaron los conceptos que han orientado la enseñanza de la respiración en los diferentes niveles de escolaridad y las relaciones que existen entre la ciencia enseñada y la ciencia aprendida. Ellos estudiaron las transposiciones didácticas más frecuentes en el tema de la respiración. Así mismo, sus trabajos se orientaron a analizar las diversas transposiciones del concepto que presentan los manuales escolares. Concluyeron que algunos textos, usados en la década del noventa, presentaban la respiración de acuerdo al saber propio de finales del siglo XIX, centrada en el intercambio gaseoso y en la mecánica del aparato respiratorio (Tamayo *et al.*, 2008).

En un segundo grupo están los trabajos que tratan de establecer los marcos conceptuales y las ideas alternas de los estudiantes sobre la respiración. En general se ha comprobado que los estudiantes se refieren a la respiración como un “intercambio de gases”. Así mismo, las investigaciones han llevado a concluir que existen dificultades para que los estudiantes integren y relacionen el funcionamiento de los sistemas respiratorio y circulatorio (Banet y Núñez, 1990; Núñez y Banet, 1996; y Tamayo, 2001). Como consecuencia de lo anterior, se considera que existe un mal planteamiento de la asignatura de ciencias naturales y que los niños adquieren de manera autónoma una forma de biología intuitiva (Hatano e Inagaki, 1997; Tamayo *et al.*, 2008).

Así mismo, sobre las representaciones y especialmente sobre los obstáculos para el aprendizaje de la respiración Vuala (1991) encontró entre otros: la respiración como un proceso de intercambio de gases entre los cuerpos y el medio exterior; su representación a nivel del aparato respiratorio; las relaciones entre el ritmo cardíaco y el ritmo respiratorio; las relaciones entre los pulmones y los órganos con el oxígeno. Paccaud (1991) estudió las pre concepciones de los estudiantes sobre la respiración y concluyó que es necesario ubicar su estudio en diferentes niveles: mecánico, fisicoquímico, celular y cito bioquímico (Tamayo *et al.*, 2008).

A continuación en la tabla 5.1 se describen los principales trabajos que se han realizado sobre la didáctica de la respiración que son descritos en la tesis doctoral titulada “La nutrición humana en la educación obligatoria. Dificultades y análisis conceptual” de (Rivadulla y García, 2009).

Tabla No 5.1 Principales autores que han elaborado trabajos en la didáctica de la respiración

Los alumnos y alumnas de distintos niveles educativos mantienen ideas imprecisas o equivocadas sobre diferentes aspectos científicos, y que éstas interfieren con los contenidos que deberían aprender.			
1. Respecto a lo que piensan los estudiantes sobre las relaciones que existen entre ellos (Núñez, 1994; Núñez y Banet, 1996).	2. Propuestas de enseñanza que pongan de manifiesto la manera de fomentar el cambio conceptual (Giordan, 1987; Lawson, 1988)	3. Coincidencia en relación con los principios fundamentales para que éste se produzca (Posner, Strike, Hewson y Herzog, 1982; Osborne y Freyberg, 1985; Lauren y Resnick, 1983; Driver 1988; Strike y Posner, 1990)	4. Discrepancias sobre la forma de conseguir en el aula este propósito, como se puede deducir del análisis de las diferentes secuencias de enseñanza propuestas Lawson (1991), Dreyfus, Jungwirth y Elovith (1990), Needham y Scott (1987) o Driver (1988)
Respiración celular	Dificultades desde el punto de vista anatómico	Banet y Núñez (1990); Nagy (1953); Núñez y Banet (1996); Jaakkola y Slaughter (2002)	
	Consideración de la respiración como mero intercambio de gases	Gellert (1962)	
	Desconocimiento de la finalidad de la respiración	Banet y Núñez (1990); Núñez y Banet (1996)	

6. Resultados y discusión

La encuesta programada para establecer conceptos de respiración se aplicó a 100 estudiantes de la Institución Educativa Departamental Serrezuela de Madrid (IEDS) de los grados 10 y 11 (con edades entre 14 y 19 años), y a 71 estudiantes de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas de primer semestre (Facultad de Medicina) cuya edad promedio fue de 18 años.

La finalidad de este cuestionario era reconocer las ideas o representaciones mentales que sobre la respiración celular en plantas y animales, tienen los jóvenes que cursan los últimos años de educación Media y quienes han iniciado su educación Superior en instituciones colombianas. Una vez aplicada la encuesta se procedió a organizar en Excel la información obtenida para realizar el análisis correspondiente.

La pregunta 1 del cuestionario tenía la intención de establecer si los estudiantes reconocen que la respiración ocurre en animales y plantas. Como se presenta en la Tabla 6.1 el 100% de los bachilleres y de los universitarios afirmaron que los animales respiran. Sin embargo, el 11,9% de los estudiantes de los primeros no reconoce que los vegetales respiran. Al igual que en los trabajos citados por Charriér *et al.* (2006), algunos estudiantes de educación media consideran que las plantas no respiran. Los autores mencionados señalan que los niños que desconocen que las plantas respiran, posiblemente tengan una visión fuertemente antropocéntrica del proceso. Debido a esta visión, tienen dificultad para comprender que las plantas pueden realizar los mismos procesos que ellos, y en general que todos los animales.

Así mismo, puede afirmarse que el grupo de estudiantes de bachillerato que considera que los vegetales no respiran, desconocen elementos básicos de la teoría celular y de los procesos de respiración celular (Tabla 6.1). Es posible que sus estructuras de pensamiento reconozcan la respiración a nivel de intercambio de gases, es decir como un proceso de inspiración expiración.

Tabla 6.1 Porcentaje de estudiantes de educación Media (IEDS) y Superior (FUJNC) que respondieron a la pregunta: “¿Respiran los animales? ¿Respiran los vegetales?”

	IEDS			FUJNC		
	Si	No	No sabe	Si	No	No sabe
Animales	100%			100%		
Vegetales	88,1%	11,9%		100%		

En contraposición encontramos que en el estudio de (García Zaforas, 2006) el 100% de los encuestados, jóvenes estudiantes de bachillerato, considera que los vegetales y los animales respiran. Sin embargo, estos investigadores explican que pareciera que los niños no tienen “duda de ello, aunque podría darse el caso, para algunos de ellos de que este sea un conocimiento declarativo, repitiendo fragmentos de lo aprendido, sin ser capaces de aplicarlo a la resolución de un problema de la vida cotidiana (conocimiento procedimental que muestra aprendizaje significativo)”.

La pregunta 2 interroga sobre el concepto de respiración como intercambio de gases con el medio ambiente. El 60,4% de los estudiantes de bachillerato y el 54% de los universita-

rios conciben que la respiración en animales es un intercambio de gases con el medio ambiente. Al preguntar este mismo concepto en vegetales se obtuvo que un 70,3% de los estudiantes de bachillerato y el 56,3 de los universitarios creen que la respiración en las plantas es un intercambio de gases con el medio ambiente (Tabla 6.2)

Tabla 6.2. Porcentaje de estudiantes de educación Media (IEDS) y Superior (FUJNC) que respondieron a la pregunta. ¿La respiración consiste sólo en un intercambio de gases con el medio ambiente?

	IEDS			FUJNC		
	Si	No	No sabe	Si	No	No sabe
Animales	60,4%	38,6%	1,0	54,9%	45,1%	0
Vegetales	70,3	28,7%	1,0	56,3	43,7	0

Así pues, un alto porcentaje de los encuestados, tanto de educación media como universitarios consideran la respiración como el intercambio de gases entre el ser vivo y el medio. Por tanto, no articulan los procesos de difusión de gases con lo que ocurre a nivel celular. Es decir, no integran los procesos involucrados en la respiración, que culminan a nivel celular, no tienen en cuenta que “la función del aparato respiratorio es la de actuar de intermediario en el proceso de la respiración celular” (García Zaforas, 2006).

Con relación a los estudiantes de educación media, solo es ligeramente menor el número de universitarios, que reconoce la respiración como un intercambio de gases con el ambiente; lo que confirma, que existen problemas importantes en la enseñanza de la biología a nivel Medio y que las concepciones alternativas que allí se adquieren, o que allí se han reforzado, se mantienen durante los primeros semestre universitarios; lo cual seguramente se constituirá en un obstáculo para que los futuros profesionales se apropien de temas básicos de ciencias de la salud en los cursos de biología celular, biología molecular, fisiología humana, bioquímica etc. Por tanto, se requieren nuevas estrategias para que en la educación Media y en los primeros semestres universitarios los jóvenes comprendan mejor temas cruciales que ocurren a nivel celular.

García Zaforas (2006) cuando analiza los resultados de su trabajo, en el cual indaga sobre los conceptos de los niños en diferentes cursos de educación media en España en relación con “la respiración como intercambio de gases con el ambiente” dice que “la pregunta está formulada desde un punto de vista perceptivo, -lo que se ve es lo que se cree”. Así mismo, este investigador citando a Osborne (1983), y a Driver y Erikson (1983), dice que una de las causas del origen de las ideas previas es que: “el pensamiento está dominado por la percepción”.

En general el análisis epistemológico permite ubicar las concepciones de los estudiantes en uno de los diferentes paradigmas explicativos de la respiración: “aliento vital, intercambio de gases, combustión, oxidación y acoplamiento quimiosmótico” (Tamayo y Sanmarti, 2003). Por tanto, no es de extrañar la concepción de los jóvenes encuestados que afirman que la respiración es un proceso de intercambio de gases, este concepto está muy arraigado debido a que es reforzado fuertemente en la cotidianidad. Por tanto, se constituye en un obstáculo para el aprendizaje ya que se asume la respiración como un fenómeno macroscópico, donde los protagonistas son los pulmones, lo que no permite visualizar los eventos que se dan a nivel microscópico en las mitocondrias y que incluyen procesos como oxidación, reducción, transporte electrónico, acoplamiento molecular, etc.

La pregunta 3 interroga sobre la finalidad de la respiración. “¿La respiración es un proceso para que las células produzcan energía por medio de una combustión?. Aproximadamente el 50 % de los estudiantes de bachillerato no reconocen la producción de energía ni en vegetales ni en animales como el propósito principal de la respiración. Mientras que 81,7% y el 87,3% de los universitarios dicen que “sí” para animales y vegetales respectivamente (Tabla 6.3). Es decir, un mayor número de estudiantes universitarios relaciona la respiración con la producción de energía.

Tabla 6.3 Porcentaje de estudiantes de educación Media (IEDS) y Superior (FJNC) que respondieron a la pregunta: ¿La respiración es un proceso para que las células produzcan energía por medio de una combustión?

	IEDS			FUJNC		
	Si	No	No sabe	Si	No	No sabe
Animales	52,5%	47,5%		81,7	18,3%	
Vegetales	49,5%	50,5%		87,3%	12,7%	

Al igual que en el trabajo de García Zaforas (2006) muchos estudiantes expresan ideas alternativas y no relacionan la respiración como fuente energética en animales y vegetales. Es importante tener en cuenta que este es un “concepto que tiene multiplicidad de significados entre los que se encuentra la tendencia generalizada a considerarlo como el simple intercambio gaseoso, distanciado casi por completo de los procesos de transformación de energía por el organismo” (Tamayo y Sanmarti, 2003).

La pregunta 4 introduce el concepto de materia orgánica como sustrato que se quema en la respiración. Es una ampliación de la pregunta 3 en ella se incluye el concepto de nutrición. “¿La materia orgánica y el oxígeno que toman los seres vivos son llevados hasta las células para intervenir en la respiración y originar dióxido de carbono?”. Las respuestas afirmativas para animales y vegetales fueron según los estudiantes de bachillerato del 72,3% y 62,4% y del 83.1% y 39,4% para los universitarios respectivamente (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Porcentaje de estudiantes de educación Media (IEDS) y Superior (FUJNC) que respondieron a la pregunta: ¿La materia orgánica y el oxígeno que toman los seres vivos son llevados hasta las células para intervenir en la respiración y expulsar dióxido de carbono?

	IEDS			FUJNC		
	Si	No	No sabe	Si	No	No sabe
Animales	72,3%	27,7%		83,1%	16,9%	
Vegetales	62,4%	37,6%		39,4%	60,6%	

Las respuestas resultan algo sorprendentes debido a que en la pregunta anterior, relacionada con esta, se indagaba sobre la finalidad de la respiración como fuente de energía y con valores cercanos al 50%, los estudiantes de bachillerato, manifestaron opiniones alternas. También llama la atención que la mayoría de los estudiantes universitarios manifestaron que en los vegetales, el proceso de respiración se da para que las células produzcan energía por medio de una combustión, pero que en esta pregunta no relacionen que en los vegetales, la materia orgánica y el oxígeno son llevados hasta las células para intervenir en la respiración y expulsar dióxido de carbono. Parece que los estudiantes confunden la respiración y la fotosíntesis al involucrar el término materia orgánica y tienen concepciones alternativas sobre la respiración celular.

La pregunta 5 involucra la pregunta 4. En ella se averigua en animales y vegetales: ¿No ingieren la materia orgánica sino que la fabrican guardando en ella energía que quedará libre en el proceso de la respiración?, por tanto, se indaga sobre quienes realizan fotosíntesis. Se utiliza para medir la consistencia que tienen estas ideas en los estudiantes. Con

relación a esta pregunta, aunque no fue evidente en la prueba piloto que se hizo al formulario, se recomienda en próximos trabajos reformularla con el fin de evitar algunas ambigüedades que se presentan cuando las preguntas se formulan iniciándolas con una negación.

La respuesta para animales fue muy similar en los dos grupos de estudiantes, alrededor del 34% dijo que los animales fabrican y almacenan su alimento. Mientras que el 60,4% de los estudiantes de bachillerato y el 77,5% de los universitarios reconocen las plantas como fabricadoras de alimentos. Es decir, es mayor el número de estudiantes que identifican la función de síntesis de compuestos orgánicos que realizan las plantas

Tabla 6.5 Porcentaje de estudiantes de educación Media (IEDS) y Superior (FUJNC) que respondieron a la pregunta: ¿No ingieren la materia orgánica sino que la fabrican guardando en ella la energía que quedará libre en el proceso de respiración?

	IEDS			FUJNC		
	Si	No	No sabe	Si	No	No sabe
Animales	35,6%	64,4%		33,8%	66,2%	
Vegetales	60,4%	39,6%		77,5%	22,5%	

De igual forma que en la pregunta anterior, se evidencia que existe confusión sobre la fotosíntesis y su relación con la respiración. Los estudiantes poseen concepciones alternativas sobre la fotosíntesis como proceso utilizado por los vegetales para obtener su comida, y sobre conceptos derivados de la fotosíntesis, respecto a los intercambios gaseosos, y a la producción de energía, entre otros.

Las ideas previas generales de los estudiantes sobre respiración son variadas: muchos consideran que las plantas no respiran o que la respiración en plantas y animales es diferente; para otros las plantas sólo respiran de día o sólo lo hacen de noche; para muchos la respiración es sinónimo de intercambio de gases. Con frecuencia no se comprende y se desconoce el lugar o lugares donde se realiza la respiración; existe propensión a confundir el papel del dióxido de carbono y el oxígeno durante el proceso; y muchos desconocen

que para los seres vivos, en últimas, la finalidad de la respiración es la obtención de energía (Charrier *et al.*, 2006).

La pregunta 6 sobre si las mitocondrias son los orgánulos implicados en el proceso de respiración de las células fue contestada positivamente por el 71,3 % y el 60,4% de los estudiantes de bachillerato, para animales y vegetales respectivamente; y por el 87,3% y el 54,9% de los universitarios.

Tabla 6.6 Porcentaje de estudiantes de educación Media (IEDS) y Superior (FJNC) que respondieron a la pregunta: ¿Las mitocondrias son los orgánulos más implicados en el proceso de respiración de las células?

	IEDS			FUJNC		
	Si	No	No sabe	Si	No	No sabe
Animales	71,3%	27,7%	1,0%	87,3%	12,7%	
Vegetales	60,4%	38,8%	1,0%	54,9%	45,1%	

Las respuestas de los estudiantes evidencian que ellos tienen dificultades para entender que en las células de las plantas hay organelos como la mitocondria cuya función es la respiración celular. Hay una tendencia mayor a ubicar este proceso mitocondrial en los animales. Nuevamente la concepción alternativa sobre los vegetales y la función respiratoria es ligeramente mayor en los estudiantes universitarios. Igualmente un buen número de jóvenes desconoce la función mitocondrial en animales.

La pregunta siguiente involucra los cloroplastos y si ellos están directamente implicados en la respiración. Según la Tabla 6.7 un mayor número de estudiantes parece relacionar los cloroplastos con los vegetales.

Tabla 6.7 Porcentaje de estudiantes de educación Media (IEDS) y Superior (FJNC) que respondieron a la pregunta: ¿Los cloroplastos son los orgánulos más implicados en el proceso de respiración de las células?

	IEDS			FUJNC		
	Si	No	No sabe	Si	No	No sabe
Animales	56,43%	42,5%	0,9%	16,9%	83%	
Vegetales	72,27%	26,7%	0,9	74,6%	25,3%	

Sin embargo, las dos poblaciones encuestadas desconocen dónde se dan las reacciones de la respiración que ocurren a nivel celular. Los estudiantes, debido a las abstracciones que deben hacer, desconocen los procesos celulares y la función de los organelos. Nuevamente las ideas alternativas corroboran que, para muchos de los estudiantes, el proceso de fotosíntesis en las plantas verdes, equivale al de la respiración en animales. Se evidencia que tanto, los estudiantes de bachillerato como los universitarios, desconocen que los cloroplastos son organelos exclusivos de los vegetales. Se aprecia, por tanto, una concepción alternativa que es de gran persistencia. Algunos autores llegan a concluir que para los estudiantes el proceso de la fotosíntesis en las plantas verdes equivale al de la respiración en animales (García Zaforas, 2006).

Charriér *et al.*, (2006) realizan una revisión exhaustiva sobre las explicaciones que dan distintos investigadores sobre el origen de las concepciones alternativas que tienen los estudiantes sobre respiración y fotosíntesis. La mayoría de ellos está de acuerdo en señalar que intervienen múltiples factores, entre otros mencionan: la deficiente formación científica y pedagógica de los docentes y las condiciones de trabajo inadecuadas; la or-

ganización escolar; las influencias negativas del contexto; el exceso de información proporcionada por los docentes, mucha de ella innecesaria para la comprensión del proceso; las dificultades inherentes al tema; la dificultad de los estudiantes para describir fenómenos biológicos en términos químicos; la creencia que el hombre es el centro de la creación, asumiendo que tiene el control sobre el medio, en tal sentido, resulta difícil para los estudiantes aceptar que la vida del hombre (un animal) depende de la existencia de las plantas o que, tanto animales como plantas, realizan procesos básicos prácticamente idénticos.

7. Conclusiones

- ✓ La recopilación y el análisis de los temas disciplinares permite “reconocer” los conceptos relacionados con los procesos que ocurren en las células y lleva a reflexionar sobre las dificultades y la complejidad de la temática.
- ✓ Con relación a la respiración se concluye que esta es una unidad de estudio centrada en la ubicación o sitios donde se realizan los procesos, los eventos mismos que involucra y las funciones o productos intermedios y finales. Mientras que la respiración celular, como parte del “campo conceptual de la respiración,” ocurre en las mitocondrias y su finalidad es la producción energía. Así mismo, es necesario tener en cuenta que “el estudio de la respiración abarca un conjunto diverso de fenómenos que incluye, aspectos relacionados con la ventilación, el sistema circulatorio, la difusión-transporte y transformación de los gases, la vida celular y tisular, el transporte electrónico y los procesos de oxidación-reducción, entre otros” (Tamayo, 2001).
- ✓ Con base en el estudio disciplinar y epistemológico de la “respiración celular” y del análisis de los resultados de la encuesta se deduce que un buen número de los estudiantes no concibe la respiración celular como parte de los procesos involucrados en la respiración, si no como la entrada y salida de aire de los pulmones. Muchos de los estudiantes no alcanzan a identificar el proceso de la respiración celular en vegetales, confunden fotosíntesis y respiración celular, no tienen claros los conceptos de materia orgánica e inorgánica, no perciben la respiración como la fuente principal de energía para la realización de los procesos metabólicos ni las funciones básicas que desempeñan las mitocondrias y los cloroplastos.

- ✓ Por tanto, los estudiantes de bachillerato y los universitarios no relacionan el concepto de respiración con lo que ocurre a nivel celular en plantas y animales, les parece que la respiración en vegetales y animales depende, en cada caso, de procesos diferentes o que las plantas no respiran. De igual manera, confunden la respiración y la fotosíntesis, lo que nuevamente pone de manifiesto obstáculos para acceder a conceptos abstractos y lograr aprendizajes significativos, debido en buena parte, al uso de modelos y estrategias didácticas inadecuadas desde que se inicia y formaliza la educación escolar.
- ✓ Los estudiantes de bachillerato y los universitarios tienen percepciones comunes sobre temas abstractos relacionados con la teoría celular, lo que les puede originar dificultades para acceder a otros conceptos científicos, comprender su propia realidad y obrar con “conocimiento” en la cotidianidad.
- ✓ Los documentos y los resultados de la investigación muestran que la labor docente, sobre el tema de biología, presenta problemas y por tanto es necesario profundizar en la búsqueda de soluciones.
- ✓ Según los resultados del presente estudio se puede concluir que los estudiantes de educación Media (décimo y once) tienen representaciones e ideas alternativas sobre el concepto de respiración celular. Así mismo, presentan obstáculos que les impiden reconocer que las plantas, al igual que los animales respiran. Una explicación parcial sería que en los últimos años de educación Media en Colombia, no se incluyen cursos y actividades relacionadas con la biología.
- ✓ Como regla general, en Colombia, los cursos de biología se ofrecen en la educación Básica, cuando los estudiantes no han alcanzado el desarrollo suficiente para abstraer y relacionar temas complejos, en especial para lograr entender lo que ocurre a nivel microscópico y su incidencia a nivel sistémico. Mientras que en la educación Media cursan las asignaturas de física y química cuyos conceptos son necesarios para entender los fenómenos biológicos. Por tanto, no se dan espacios para que logren percibir que la “vida”

y las manifestaciones vitales en los seres vivos dependen y se pueden conceptualizar en función de procesos y principios físicos y químicos específicos. Lo que lleva a perder la oportunidad de formalizar conceptos, en momentos y edades adecuados para cimentar procesos de pensamiento abstracto. Todo lo anterior hace que los jóvenes universitarios, expresen conceptos fragmentados alternativos, los cuales son un obstáculo, que a veces imposibilita, la construcción de modelos conceptuales reales sobre temas de biología celular, biología molecular y bioquímica.

- ✓ Es necesario crear hilos conductores que permitan, de acuerdo a los procesos cognitivos y a partir de las ideas previas, reorganizar el currículo en cuanto a la secuencia y complejidad de los contenidos de biología. Así mismo, se requiere elaborar estrategias didácticas que permitan ir avanzando en la construcción del conocimiento biológico de acuerdo a los procesos cognitivos a lo largo de la educación Básica, Media y Universitaria.

8. Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados del presente estudio sobre la la percepción de los estudiantes de educación Media y universitarios sobre la respiración se plantean las siguientes reflexiones y recomendaciones:

Los estudiantes tienen saberes alternativos sobre los procesos biológicos, en especial sobre aquellos que ocurren a nivel celular. Por tanto, presentan obstáculos para profundizar y comprender conceptos de biología celular, biología molecular y bioquímica. Lo que obliga a los docentes a investigar en el aula sobre los ritmos de aprendizaje y los procesos de pensamiento relacionados con la formalización de los conceptos biológicos.

Se requiere así mismo, revisar los contenidos de biología, en la educación Básica y en la educación Media frente a la propuesta del Ministerio de Educación sobre los Estandares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. En este trabajo al igual que en el realizado por Charriér *et al.*, (2006) se recomienda: Seleccionar y jerarquizar los contenidos que se consideran apropiados. Reubicar las asignaturas de ciencias experimentales y/o biología en los diseños curriculares, así como presentar nuevas propuestas didácticas, empezando por aquellas relacionadas con “lo que es un ser vivo”.

Para llegar a un conocimiento adecuado sobre el proceso de respiración, es imprescindible, que los estudiantes, se familiaricen con una visión concreta del ser vivo como organismo compuesto por células, cada una de las cuales utiliza el oxígeno del aire

para conseguir energía. Así mismo, que quienes realizan todos los procesos básicos definitivos para la vida son las células y sus organelos.

Para el trabajo de aula se recomienda, entre otros, el uso de analogías, pero siempre teniendo en cuenta las limitaciones y ventajas que ellas proporcionan. Igualmente otro recurso importante es utilizar las explicaciones que se han dado sobre este proceso a lo largo de la historia y la elaboración colaborativa de modelos explicativos que faciliten distinguir los eventos macro y microscópicos.

Bibliografía

AZCON-BIETO, Joaquín y TALON, Manuel. Fisiología y bioquímica vegetal. Madrid: McGraw Hill – Interamericana, 1993. 581 p.

BANET, Enrique y NUÑEZ, Francisco. Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. En: Enseñanza de las Ciencias. 1990, vol. 8, no. 2. p. 105-110.

BERNSTEIN, Ruth y BERNSTEIN, Stephen. Biología. 1 ed. Bogotá: McGraw Hill: 1998. p. 94-104.

BIGGS, Alton; KAPICKA, Chris y LUNDGREN Linda. Biología la dinámica de la vida. 1 ed. México: Mc Graw Hill, 1998. p. 251-254

CHARLOTTE, Avers. Biología celular. 2 ed. México: Iberoamericana, 1992. p. 61-81.

CHARRIÉR, María; CAÑAL, Pedro; VEGA, Maximiliano. Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. En: Enseñanza de las ciencias. 2006, vol. 24, no. 3, p. 401–410.

COPPO, José Antonio. Fisiología comparada del medio interno. 2 ed. Argentina: Grupo editorial Universidad católica de Salta, 2008. 315 p.

CURTIS, Helena; BARNES Sue; SCHNEK, Adriana y FLORES, Graciela. Biología. 7 ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2008. 1160 p.

GARCÍA ZAFORAS, Ana María. Estudio llevado a cabo sobre las representaciones de la respiración celular en los estudiantes de bachillerato y COU. En: Enseñanza de las Ciencias. 1991, vol. 9, no.2. p. 129-134

GARCÍA ZAFORAS, Ana María. Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de bachillerato y COU. En: Ciencias Antología. Primer Taller de Actualización sobre los Programas de Estudio. Reforma de la Educación Secundaria. México: 2006. p. 85-90.

GIORDAN, André; RAICHVARG, Daniel; DROUIN, Jean; GAGLIARDE, Raúl y CANAL, Ana María. Conceptos de biología. La respiración. Los microbios. El ecosistema. La neurona. Barcelona: Editorial Labor S. A., 1988, 205 p.

GIORDAN, André, DE VECCHI, Gérard. Los orígenes del saber. Sevilla: Diada, 1998.

HATANO, Giyoo and INAGAKI, Kayoko. Qualitative Changes in Intuitive Biology. En: European journal of psychology education. 1997, vol.12, no. 2. p. 111-130.

KARP, Gerald. Biología celular y molecular. 5 ed. México: McGraw Hill, 2009. p.179-185.

MARQUEZ, Silvia y ZABALA, Enrique. Respiración celular. (En línea). (15 de septiembre de 2011) disponible en: <http://genomasur.com/lecturas/Guia09.htm>.

MATTHEWS, Michael. Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. En: Comunicación, lenguaje y educación. 1991, vol. 11, no.12. p.141-155.

MOSTERINE DE LAS HERAS, Jesús. La incorrecta concepción de lo que somos. En: Thémata revista de filosofía. 2007, vol. 39. p. 22-24.

NUÑEZ, Francisco y BANET, Enrique. Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. En: Enseñanza de las Ciencias. 1996, vol. 14, no. 3. p. 261-278.

ORREGO, Mary; DAVILA, Alba y TAMAYO, Oscar. Obstáculos en el aprendizaje del concepto de respiración. En: Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. 2009. p. 1833-1835

PACCAUD, Madelein. Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration. En: Aster.1991, no. 13. p. 35-59.

RIVADULLA, Juan Carlos y GARCÍA, Susana. Tesis doctoral Universidad de Coruña. La nutrición humana en la educación obligatoria dificultades y análisis conceptual. 2009. (En línea). (31 de octubre de 2011).

Disponible en: www.23edce.com/wpcontent/.../descargarComunicacion2GET.php

SPRINTHALL, Norman; SPRINTHALL, Richard y OJA, Sharon. Psicología de la educación. 6 ed. México: McGraw Hill. 1996.

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

TAMAYO, Oscar y SANMARTIN, Neus. Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. En: Latinoamericana de ciencias sociales, niñez y juventud. Enero-junio 2003, vol.1, no.1. p. 15.

TAMAYO, Oscar; ORREGO, Mary y DAVILA, Alba. Modelos explicativos de los estudiantes acerca del concepto respiración. 2008, vol 2, no.3. p.50- 63

VILLE, Claudia. Biología. 7 ed. México: McGraw Hill: 1996. p.208-211.

VUALA, Josian. Le rôle d'un dessin animé dans l'évolution des conceptions d'élèves sur la respiration. En: Aster. 1991, no. 13. p. 7-34.

A ANEXO: Encuesta sobre concepto de respiración celular realizada en estudiantes IEDS y FUJNC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS

PROGRAMA DE MAESTRIA EN LA ENSEÑANZA DE LAS

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Encuesta ajustada, tomada de García Zaforas (2006).

LAS SIGUIENTES PREGUNTAS TIENEN EL PROPOSITO DE INDAGAR TUS CONOCIMIENTOS EN RELACIÓN EL TEMA DE RESPIRACION CELULAR

EDAD _____ COLEGIO

/UNIVERSIDAD _____

CURSO /SEMESTRE _____ FEMENINO _____ MASCULINO _____

Lee despacio cada una de las preguntas y después de reflexionar, teniendo en cuenta los encabezados de la Tabla, marca con una (X) la respuesta que consideres adecuada. En las preguntas debes responder tanto lo que ocurre en animales como en vegetales verdes.

	Animales		Vegetales verdes	
	Si	No	Si	No
1. Respiran				
2. La respiración consiste sólo en un intercambio de gases con el medio Ambiente				
3. La respiración es un proceso para que las células produzcan energía por medio de una combustión				
4. La materia orgánica y el oxígeno que toman los seres vivos son llevados hasta las células para intervenir en la respiración y expulsar dióxido de carbono.				
5. No ingieren la materia orgánica sino que la fabrican guardando en ella la energía que quedará libre en el proceso de respiración.				
6. Las mitocondrias son los orgánulos más implicados en el proceso de respiración de las células.				
7. Los cloroplastos son los orgánulos más implicados en el proceso de respiración de las células.				