

Universidad Pedagógica Nacional



Secretaría Académica

Coordinación de Posgrado

Maestría en Desarrollo Educativo

Construcción de modelos escolares, en un grupo de primero de secundaria, acerca de la fermentación

Tesis que para obtener el grado de
Maestra en Desarrollo Educativo

Presenta

Griselda Moreno Arcuri

Director de tesis: **Dr. Ángel Daniel López y Mota**

Agradecimientos:

A mis padres, hermanas y hermanos por su cariño y porque son la fuerza que me impulsa en el camino.

A mis queridas sobrinas y sobrinos porque me quieren y confían en mí, porque yo creo en ellas y ellos y en la niñez.

A mis amigas (Gaby, Alicia, Lilia, Vero, Mary, Fere, Martha, Esther, Alma, Janet) y amigos (Luis y Alejandro) con quienes siempre aprendo algo y tienen palabras de aliento cuando más lo necesito.

Al Dr. Ángel por guiar este trabajo y mostrarme que hay otras formas de aproximarse a la enseñanza de las ciencias.

A cada uno de mis lectores: Dra. Diana, Dra. Adrianna, Dr. Oscar y al Dr. Mario por sus comentarios y sugerencias que enriquecieron este trabajo

A mi compañera de maestría y amiga en esta odisea, Mercy, gracias por tu apoyo.

A los docentes que me permitieron entrar a sus aulas y trabajar con sus estudiantes y me apoyaron en la realización de las actividades.

A las alumnas y los alumnos del grupo, 1 “E” turno vespertino de la escuela secundaria Divina 197 “CANADÁ” del ciclo escolar 2009-2010, por compartir conmigo esta aventura y enseñarme lo valioso que es el trabajo docente.

Contenido

Introducción	5
Capítulo 1. Construcción del problema	7
1.1 Planteamiento del problema	7
1.2 Justificación	15
1.3 Revisión de la literatura	20
Capítulo 2. Marco teórico y referencial	24
2.1 Constructivismo	24
2.2 Modelización	31
2.3 Desarrollo histórico del concepto de respiración celular	36
2.4 Descripción de la respiración celular anaerobia	39
2.5 Programas de estudio de Educación Secundaria	41
Capítulo 3. Estrategia didáctica	45
3.1 Criterios para desarrollarla	45
3.2 Propósito	47
3.3 Estructura	47
3.4 Descripción de las sesiones de trabajo	51
Capítulo 4. Análisis de resultados	59
4.1 Concepciones alternativas y los modelos de respiración subyacentes	59
4.2 Construcción de los elementos del modelo, sus atributos y relaciones entre ellos	67
4.3 Construcción de modelos escolares de la fermentación	72

4.4 Análisis de la estrategia didáctica	87
Conclusiones	93
Consideraciones finales	96
Referencias	99
Anexos	106

Introducción

El presente trabajo se plantea como una modesta contribución a la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la modelización. Tiene como meta favorecer en los alumnos de secundaria la construcción de modelos que les permitan explicarse y predecir fenómenos naturales.

Es común, en la escuela, atribuir a los alumnos la responsabilidad de las deficiencias en su aprendizaje, sin tomar en cuenta las formas de enseñanza, y en ellas radica parte del problema. Es preciso señalar que el objetivo no es que los alumnos incursionen en el campo de la ciencia erudita, sino en el de la ciencia escolar. Este enfoque trata de articular las concepciones alternativas de los alumnos con el conocimiento científico escolar hasta donde los educandos puedan llegar en esta primera aproximación.

El trabajo se presenta organizado en cuatro capítulos. En el primero se aborda el problema de aprendizaje de las ciencias naturales en el nivel secundaria; se parte de cómo influyen en la enseñanza y en el aprendizaje las concepciones de alumnos y profesores acerca de la ciencia, así como del hecho de que los docentes soslayan las concepciones alternativas del alumnado respecto de los fenómenos que se estudiarán en la escuela. También se argumenta la importancia de trabajar la experimentación como un medio que permite la modelización de fenómenos cuya explicación se halla en el ámbito microscópico. Asimismo, se resumen los hallazgos en la literatura educativa respecto al problema detectado, y que dan cuenta de la investigación en didáctica de las ciencias.

En el capítulo dos se describen el constructivismo y la modelización como los enfoques teóricos que guían la intervención didáctica, así como los referentes en cuanto al conocimiento científico de la respiración celular anaerobia y la

transposición didáctica que se hace de éste en el en el *Programa de Ciencias I con énfasis en Biología* (2006) elaborado por la Secretaría de Educación Pública de México.

La estrategia didáctica se presenta en el capítulo tres. Ahí se establecen los criterios, tanto teóricos como prácticos (tiempo y material), el propósito general y las sesiones que se realizarán durante la intervención pedagógica (propósitos, material y actividades).

En el capítulo cuatro se muestra, de manera gráfica y con argumentos – basados en evidencia empírica y derivados tanto del marco teórico como de la investigación en didáctica de las ciencias–, los resultados generados en la aplicación de la estrategia en un grupo de primero de secundaria. Se informa que las concepciones alternativas de los alumnos coinciden con lo reportado en la literatura revisada, los modelos que el alumnado ha logrado y de la valoración global de la estrategia didáctica.

Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del análisis de resultados y del propósito planteado en la estrategia didáctica. También se exponen algunas reflexiones en cuanto a la pertinencia de abordar contenidos en el nivel secundaria con un alto nivel de abstracción, como la respiración celular anaerobia.

Capítulo 1. Construcción del problema

Aquí se presentan dos elementos que ayudan a perfilar el problema que se abordará y tratará de solucionarse mediante una estrategia didáctica, que se presentará después. Primero se abordará la preocupante situación que enfrentan los profesores de física, química y biología de secundaria, pues a los adolescentes, por lo general, no les interesa aprender ciencia. Con base en esta premisa, se apuntan dos posibles causas, en cierta forma relacionadas: la primera se vincula con las representaciones que los alumnos y los profesores tienen acerca de qué es la ciencia, y la segunda es que los docentes soslayan las concepciones alternativas que el estudiantado tiene respecto de los contenidos científicos escolares que se trabajan en la educación secundaria; lo cual lleva a una docencia sin significado para los estudiantes, por carecer éstos de comprensión de lo que estudian. Desde la perspectiva que se plantea, ambos elementos permiten configurar algunos de los problemas que se presentan para abordar los contenidos escolares y, en particular, el de respiración celular anaerobia como la explicación del fenómeno de fermentación.

1.1 Planteamiento del problema

Entre la mayoría de los profesores de ciencias, en especial los de educación secundaria, existe la idea de que los alumnos no aprenden ciencias y que cada vez se interesan menos en ello, a pesar de sus esfuerzos (Pozo y Gómez, 2006). Esta pérdida de atractivo del conocimiento científico lo refleja la falta de interés y de motivación hacia su aprendizaje. Ante esta situación, algunos especialistas en educación se han interesado en investigar las posibles causas de tales problemas con la intención de proponer opciones de solución.

Al respecto se han realizado numerosos estudios, en especial en las últimas décadas, pues se ha demostrado que la enseñanza de las ciencias se concibe usualmente como la transmisión de un conjunto de conocimientos “verdaderos” que fundamentan y estructuran las diferentes disciplinas científicas (Sanmartí, 2004); con los cuales ya no hay nada que hacer sino aprendérselos de memoria. Lo anterior parece estar relacionado de cerca con aspectos como: a) la concepción de ciencia que se forman los alumnos y los profesores, y b) el distanciamiento entre conocimiento científico y los intereses cercanos a los estudiantes, así como la falta de atención de los profesores hacia cómo piensan los estudiantes –hecho que se soslaya-.

La concepción estereotipada de ciencia de los alumnos y profesores, de acuerdo con Sanmartí (2004), es un conjunto de conocimientos difícil de comprender, a los que acceden personas inteligentes y con gran potencial intelectual, que utiliza un lenguaje muy especializado –matemático–, en el que no hay cabida para el error y es altamente confiable. Desde esta perspectiva, los alumnos consideran difícil el aprendizaje de la ciencia, argumentando que no tienen las capacidades ni las habilidades necesarias para acceder a él, por lo que pierden el interés que pudieran tener.

Pozo y Gómez (2006) argumentan que debido a la nula relación del conocimiento científico escolar¹ con la vida cotidiana de los alumnos, el primero parece poco útil para tomar decisiones en situaciones fuera del contexto escolar. A partir de lo que los autores identifican considero que ello se debe, en parte, a varios factores, que a continuación se desglosan:

- a) La forma como los profesores presentamos los contenidos científicos escolares, es decir, en contextos donde no existen problemas, o bien éstos se refieren a contextos escolares academicistas, poco vinculados con la vida del alumnado.

- b) Los programas de ciencias, que en la mayoría de los casos se basan en conceptos científicos que proporcionan una visión rígida y dogmática del mundo (Izquierdo, 2005), por lo que soslayan el planteamiento de situaciones y preguntas que favorezcan la intervención y reflexión acerca de los fenómenos naturales, de manera tal que permitan a los alumnos comprender y explicar temas científicos de actualidad.
- c) La dificultad de comunicar hechos mediante el lenguaje científico, ante lo que Izquierdo (2005:116) señala

para nosotros los profesores de ciencias, lo más intrigante es la dificultad que aparece al interpretar la experimentación escolar mediante los términos que se refieren a entidades científicas. El profesorado “tiene” el término, que aparece en los libros de texto; pero el alumnado no tiene aún la idea científica.

En este sentido, la misma investigadora refiere que mucha de la enseñanza de la ciencia en el aula se realiza por medio de la “palabra-concepto”, como si ésta pudiera generar espontáneamente en el estudiantado la idea científica de fondo que les permita interpretar un hecho presente en la naturaleza. Por tanto, considero que los profesores de ciencias nos preocupamos porque los alumnos conozcan los términos científicos, lo cual no significa que los estudiantes entiendan los fenómenos observados a los que se refieren aquéllos y las ideas científicas que los explican. Es importante mencionar que el propósito del aprendizaje en la escuela no es saber qué es la célula y el cambio químico sino explicar fenómenos del entorno con dichos modelos (Sanmartí, Márquez y García, 2002).

- d) Según Rockwell (1995), cuando el profesor invalida la experiencia propia del alumno favorece que éste pierda confianza en su habilidad para analizar y construir su conocimiento, y este hecho, más que la falta de significado del contenido temático, es lo que puede explicar por qué el contenido escolar suele ser tan ajeno al estudiante.

En contraste con este último inciso, varias investigaciones (Gómez, 2007; Izquierdo, 2005; Duit, 2006; Gallegos y Flores, 2003; Driver y Oldman, 1986; Driver, Guesne y Tiberghien, 1985) apuntan a retomar la experiencia de los alumnos acerca del mundo, argumentando que llegan a las aulas con ideas y creencias acerca del mundo natural, no como tablas rasas que reciben la información de forma neutral.

Lo anterior, ha originado una línea de investigación muy profusa en el campo de la “educación en ciencias” o “didáctica de las ciencias”, la cual se ha llamado genéricamente de “ideas previas”, “ideas alternativas” o “concepciones alternativas” (Gómez, 2008). En este trabajo se utiliza el término de concepciones alternativas por dos razones. La primera porque se interpretan como la comprensión propia de los niños y se exploran y analizan en sus propios términos, sin que haya parámetros definidos de comparación (Zambrano, 2009). La segunda al parecer hay acuerdo entre los investigadores del campo para denominarlas de tal manera (Gómez, 2008). Driver, et al. (1985) señalan que las concepciones alternativas de los niños son interpretaciones basadas en sus experiencias cotidianas, en la interacción con otras personas (amigos, profesores, familia, etcétera), en la participación en actividades prácticas que diseñan los profesores en clase, y el impacto de los productos de los medios de comunicación. Las concepciones alternativas para el sujeto que conoce son la forma mediante la cual se explican los fenómenos, las situaciones o bien los objetos que observan con la intención de incorporarla a su forma de pensar y dar cuenta de ellos.

Algunas de las características de las concepciones alternativas de los alumnos son las siguientes:

- Tienen a basarse en las características observables del fenómeno, ignorando aquello que no se percibe con los sentidos (Driver, et al., 1985). Esto suele ocurrir en el aprendizaje de contenidos científicos escolares de química, física y biología.

- Están coherentemente unidas desde el punto de vista del alumno, aunque no es así desde la perspectiva del docente o de la ciencia (Driver y Oldman, 1986).
- Son persistentes, aun después de la instrucción en la escuela (Driver y Oldman, 1986 y Flores, Tovar y Gallegos, 2001).

Reconocer que los alumnos llegan al aula con ideas que en cierta forma les permiten elaborar una explicación de los fenómenos naturales, y aceptar la dificultad de éstas para modificarlas representa una nueva visión de abordar la enseñanza de las ciencias, pues se toma como premisa que el aprendizaje no consiste en incorporar conocimientos a una mente vacía, sino reconstruirlos a partir de los ya existentes (Driver y Easley, 1978¹; Sanmartí, 2007).

Por lo tanto, desde esta perspectiva constructivista se tratará el contenido escolar de la respiración celular anaerobia –propuesto en el Programa de estudio de Ciencias I con énfasis en Biología (2006)-. Cabe señalar que para abordar este contenido se parte del fenómeno de la fermentación. Lo anterior, marca una diferencia importante, desde mi punto de vista, dado que no es lo mismo partir de los fenómenos para construir modelos escolares que ayuden a los alumnos a explicárselos, que partir de conceptos científicos cuya relación con el fenómeno obedece a entidades teóricas abstractas y complejas en comparación con las que podría construir el estudiantado en el nivel secundaria.

Para abordar el fenómeno de la fermentación se mencionarán dos cuestiones esenciales: la primera se relaciona con los factores que dificultan el aprendizaje de la explicación de este fenómeno en términos del contenido científico escolar, y la segunda es el contraste de las concepciones alternativas de los alumnos revisadas en la literatura, en términos de la respiración celular aerobia y anaerobia

¹ Referido por Driver R. y Oldman, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science.

con lo propuesto en el plan y programas de estudio del primer grado del nivel de secundaria.

Ahora bien, la fermentación es un fenómeno difícil de comprender para los alumnos, pues no pueden observar lo que sucede a nivel celular y sólo observan cambios a nivel macroscópico, como suele suceder con la producción de yogur, cerveza, pulque, vino, vinagre, entre otros. Este hecho evidencia la complejidad de su tratamiento mediante la enseñanza, tal como lo refieren Díaz et al. (1996) cuando mencionan la existencia de varios factores que dificultan el aprendizaje del contenido escolar de respiración celular anaerobia a través del cual se explica el fenómeno de la fermentación:

- El primero es que en los libros de texto se subraya la producción industrial de yogur, vino o cerveza más que el proceso biológico de la fermentación cuya explicación científica queda de lado. Esta omisión origina que algunas de las concepciones alternativas de los adolescentes de secundaria se encaminen a considerar que la transformación de la leche en yogur sea producto de un proceso de automatización en las fábricas, sin considerar la participación de microorganismos.

El segundo factor es la falta de correlación entre agentes de distinto origen que podrían apoyar la comprensión de un mismo contenido; por ejemplo, en el de contaminación de alimentos, donde los alumnos la atribuyen a factores físicos y químicos y no así a los agentes biológicos.

- En el caso del contenido sobre transformación de alimentos, los autores mencionados refieren que las concepciones alternativas de los alumnos dan cuenta de ideas acerca de la generación espontánea, pues, por ejemplo, algunos refieren, “la transformación de la leche en yogur no es producida por seres vivos ya que la leche cambia sola” (Díaz, et al., 1996). El tercer factor se relaciona con el tiempo que le ha llevado a la ciencia esclarecer el conocimiento actual sobre la respiración celular anaerobia. Cabe aclarar que comprender este proceso requiere, desde mi

punto de vista, entender su proceso como desarrollo conceptual. El proceso de respiración ha tenido diversas interpretaciones a lo largo de la historia, las cuales han sido, según Tamayo (2003): el aliento vital, el intercambio de gases, la combustión, la oxidación y el proceso quimiosmótico. La interpretación del intercambio de gases es la más común entre los adolescentes de secundaria (Cañal, 1999), la cual, desde mi perspectiva, repercute en dos sentidos: el primero se vincula con la situación de que los alumnos no identifican la respiración como un proceso común a todos los seres vivos, pues por lo general se ejemplifica con la respiración humana. Por esta razón, un buen número de alumnos tienen la concepción alternativa de que las plantas y los microorganismos no respiran, pues no encuentran similitud entre el aparato respiratorio de los humanos y las formas de respiración de estos seres vivos.

En esta interpretación de la respiración como intercambio de gases, el oxígeno cobra especial relevancia, dado que algunos investigadores refieren que los alumnos le atribuyen propiedades de alimento (Stavy, Eisen and Yaakobi, 1987), y señalan que “ningún ser vivo puede vivir sin oxígeno” (Díaz et al., 1996), lo cual desde el conocimiento científico es inadecuado, ya que existen microorganismos (como algunas bacterias que procesan fosfatos para vivir), e incluso algunas células humanas capaces de respirar en ausencia de oxígeno.

Con base en los factores enumerados, puede decirse que los alumnos del nivel de secundaria presentan, de manera plausible, alguna de las siguientes concepciones alternativas acerca de la respiración, o bien una combinación de ellas:

- Es una característica de los seres vivos, siempre y cuando éstos tengan pulmones, por lo que la ausencia de estos órganos en otros organismos significará, para el alumno, la no identificación como seres vivos, por ejemplo plantas y microorganismos (Charrier, Cañal y Rodrigo, 2006; Stavy, et al., 1987).

- Es un proceso de intercambio de gases que se lleva a cabo a nivel pulmonar (Stavy et al., 1987; Seymour and Longden, 1991; Cañal, 1999; Tamayo, et al., 2008).
- Es un proceso que necesita oxígeno y sin el cual el proceso no se llevará a cabo (Seymour and Longden, 1991; Charrier, et al., 2006; Tamayo, et al., 2008).

Si se compara lo anterior con lo señalado en el Programa de Ciencias I (SEP, 2006), en el cual se pretende que los alumnos:

- Expliquen las principales diferencias entre la respiración aerobia (con oxígeno) y anaerobia (sin oxígeno) relacionándolas con el tipo de organismo que las llevan a cabo.
- Comparen las características de los organismos anaerobios y los ambientes en los que se desarrollan.
- Reconozcan la importancia de la producción de queso, pan y vino como procesos técnicos de fermentación tradicional que antecedieron el descubrimiento de la respiración anaerobia.

Encontraremos diferencias entre las concepciones alternativas acerca de la respiración—identificadas en la literatura especializada— y lo propuesto en el programa de Ciencias I. Las discrepancias pueden propiciar dificultades para lograr los aprendizajes esperados en el Programa de Ciencias I (SEP, 2006) como las siguientes:

- el hecho de identificar dos tipos de respiración celular (aerobia y anaerobia) que los alumnos no conciben como posibles, sino sólo uno de ellos (Tamayo y Sanmartí, 2003; Cañal, 1999; Díaz et al., 1996; Stavy et al., 1987);
- La no consideración de los organismos microscópicos como seres vivos, por parte del estudiantado. Lo cual genera un obstáculo para identificarlos como organismos anaerobios y sus ambientes (Stavy et al., 1987)
- La atribución de factores físicos y químicos a la transformación de alimentos ignorando la acción de los microorganismos, por lo que se dificil para los alumnos relacionar el fenómeno de la fermentación con la respiración celular anaerobia (Díaz et al., 1996).

Dado que varias investigaciones acerca de las concepciones alternativas han puesto de manifiesto que existen dificultades para el aprendizaje de la respiración celular en general (Tamayo y Sanmarti, 2003; Cañal, 1999; Stavy et al., 1987;) y de la respiración celular anaerobia (Díaz et al., 1996) en particular, y que a pesar de la instrucción persisten varias de las concepciones alternativas; y de que el contenido científico escolar es complicado desde el punto de vista de cómo está estructurado el conocimiento científico erudito, pues las nociones básicas de este modelo implican varios modelos -como el de cambio químico y el de célula- , , con distintos niveles de aproximación, lo que representa un problema para la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Entonces , con este trabajo pretendo, más que llamar la atención acerca de las concepciones alternativas de los alumnos, diseñar medios para ayudarles a construir un modelo escolar sobre la fermentación. El medio será una estrategia didáctica que les permita construir un modelo escolar para explicarse el fenómeno de la fermentación como un tipo de respiración celular anaerobia y que puedan dar cuenta de ello con base en las entidades y relaciones que establezcan en su modelo escolar..

1.2 Justificación

Este apartado muestra el porqué es importante abordar contenidos científicos escolares, como es el caso de la respiración celular anaerobia, cuyos productos (quesos, yogur, vinos, pan y cerveza, entre otros) tienen una singular importancia en la vida diaria, pero que pocas personas conocen los procesos biológicos de los cuales se originan. Por tanto, la exposición se centrará en dos aspectos, que se consideran básicos; uno es el acercamiento a fenómenos difíciles de percibir mediante el sentido de la vista, es decir, fenómenos microscópicos y el segundo es que este contenido ofrece la oportunidad de trabajar la experimentación desde la perspectiva de la modelización.

Al revisar algunas de las investigaciones acerca de las concepciones alternativas de los alumnos de secundaria en relación con la respiración celular (Tamayo, et al., 2008; Tamayo y Sanmartí, 2007 y 2003; Charrier, et al., 2006), y en particular con la respiración celular anaerobia, se ha advertido las dificultades para su aprendizaje. Díaz et al. (1996:144) refieren que “investigaciones realizadas en otros campos afines como el de la célula ponen de manifiesto las dificultades que encierra el conocimiento de todo aquello que escapa a la percepción”.

Driver et al. (2000) mencionan que en la enseñanza de la biotecnología –a pesar de las iniciativas centradas en ello– no se han considerado las ideas previas de los alumnos, porque al parecer es improbable que las niñas y los niños generen conceptos al respecto. Sin embargo, los mismos autores refieren que los escolares pueden crear ideas a partir de los anuncios y la enseñanza temprana. En lo personal, incluiría los medios de comunicación.

En concordancia con lo expuesto en el párrafo precedente, Maxte (1984)² encontró que el concepto de germen no parece surgir de la experiencia de los niños, sino de la creencia popular, la información sobre la educación para la salud, la televisión y lo que dicen los dentistas a sus pacientes.

Por tanto, es imprescindible traer al mundo escolar fenómenos en los que intervienen organismos microscópicos (fermentación, contaminación de alimentos por bacterias, procesos de enfermedad) con la intención de indagarlos desde la perspectiva científica y con ello darle sentido al estudio de la ciencia en la escuela.

Díaz et al. (1996) mencionan que los alumnos de secundaria tienen concepciones alternativas acerca de fermentación que no corresponden con el conocimiento científico erudito. Al respecto, señalan que los alumnos atribuyen la transformación

² Referido por Driver, et al.(2000). *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños.*

de alimentos a factores físicos y químicos, o bien a la generación espontánea. En este sentido, se considera importante el planificar, desarrollar y valorar estrategias didácticas que ayuden en dos aspectos: 1. Dar cuenta de la viabilidad de las estrategias didácticas en términos de lo que los escolares pueden realizar en la clase de ciencias, es decir, los modelos escolares que pueden construir y 2. Identificar los posibles obstáculos que presentan los estudiantes con respecto a los contenidos escolares (Vuala, 1991)³, analizarlos y considerarlos en la planificación de nuevas estrategias didácticas. En consecuencia no puede esperarse que los alumnos sustituyan sus concepciones alternativas fácil y rápidamente, si consideramos que a la ciencia le ha tomado mucho tiempo y debate esclarecer los conceptos científicos.

Sin embargo, lo que sí puede hacerse desde la enseñanza de la ciencia, y de acuerdo con Driver, et al. (2000), es ayudar a los alumnos a dar “pequeños pasos” hacia las grandes ideas. Y en esta secuenciación de “pequeños pasos”, las concepciones alternativas de las niñas y los niños y la forma como las organizan e interpretan los fenómenos puestos a su consideración, son elementos que deben tomarse en cuenta en la docencia. También los autores refieren que en ocasiones estos “pequeños pasos” en sí mismos pueden plantear dificultades para los alumnos. En este sentido, el pasar de una visión donde se atribuye la transformación de alimentos a factores físicos y químicos, a la idea de que la transformación de los alimentos es un proceso que causan seres vivos microscópicos no es un asunto trivial. Ahora bien, la planificación y desarrollo de estrategias didácticas en las que se ofrezca a los alumnos la experiencia del trabajo con fenómenos cuya explicación macroscópica radica en el nivel microscópico es una necesidad, si la intención de los docentes es que los escolares construyan su conocimiento con la finalidad de comprender el mundo natural.

³ Referido por Tamayo, et al. (2008). Modelos explicativos del concepto de respiración. *Memorias CIIEC 2008*

En este sentido, las actividades prácticas o experimentales son relevantes si se consideran como uno de los principales medios para el aprendizaje de las ciencias, ya que favorecen el cuestionamiento acerca de los fenómenos naturales, el uso de herramientas o dispositivos y las habilidades para la actividad científica, así como la comprensión de conceptos y procesos de la naturaleza de la ciencia (Lunetta et al., 2007)⁴. Para investigadores como Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999a) las prácticas escolares son importantes porque a partir de ellas se configuran modelos teóricos que pueden ayudar, a los alumnos, a comprender, un poco, algunos fenómenos cotidianos.

Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí (1999b:86) refieren que el propósito de la experimentación en la escuela es que:

“...«el hecho del mundo» sea reconstruido en la clase en el marco de algún modelo incipiente, ofrecido por el profesor pero que conecte al máximo con las representaciones del alumnado. Así, este hecho del mundo pasa a ser un hecho científico, al identificarse en él unas determinadas magnitudes y un determinado tipo de relación entre ellas.”

Desde la perspectiva del modelo cognitivo de ciencia, los fenómenos (los “hechos”) tienen relaciones de similitud con los modelos teóricos, por lo que a partir de tales relaciones se deben construir, mediante la experimentación, las entidades que permitan intervenir en el fenómeno. De tal manera que, al aceptar las aplicaciones del modelo y el modelo en sí mismo, también se acepta que son parte de una teoría y con ello, según Izquierdo et al. (1999b:86), “se establece una vinculación entre lo «teórico» y lo «experimental»: lo primero sólo tiene significado en relación con lo segundo y viceversa”.

⁴ Ramos, L. y Espinet, M. (2008). Utilizar las narrativas en el trabajo experimental. En C. Merino, A. Gómez y A. Adúriz-Bravo (Coord.) (2008). *Área y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*.

Justi (2006) menciona que bajo la propuesta de la modelización las actividades experimentales no deben ser ilustrativas, sino de naturaleza indagatoria, donde los escolares piensen, utilicen sus concepciones alternativas y habilidades para buscar soluciones a un problema que no tiene una respuesta evidente para ellos.

También, Izquierdo et al. (1999b:87) refieren que “la experimentación siempre tiene algo de investigación y que contiene una invitación en ese sentido. Quizás es necesario que los alumnos descubran ese algo, pero lo que no van a descubrir son los conceptos científicos”. Pero sí detectarán el establecimiento de relaciones coherentes entre sus acciones, el fenómeno y los instrumentos que se utilizan para ello, lo que les permitirá construir un modelo teórico del fenómeno. Esto dependerá de la fase de la estrategia en la que se situó la práctica experimental.

Ahora bien, conviene tener en cuenta las diferencias entre lo que hace un científico y lo que puede hacer el alumno en la escuela. En este sentido, Gómez (2006) apunta las diferencias entre los modelos que construyen los científicos y los que pueden construir los escolares. La investigadora señala que ambos difieren en los fenómenos de estudio, el lenguaje y el nivel de abstracción, por lo que las entidades y relaciones que se establecen en los modelos escolares no son las mismas que constituyen los modelos de los científicos; sin embargo, ambos elementos tienen similitudes en los dos modelos, en el sentido de que son unidades operacionales que permiten ‘hablar, pensar y actuar’.

En resumen, abordar el fenómeno de la fermentación es un reto, pues es un proceso cuya comprensión requiere recurrir a varios modelos: biológicos (seres vivos microscópicos), químicos (cambio químico) y físicos (interacciones); sin embargo, también es un proceso del cual los seres humanos obtienen alimentos que la mayoría de las personas conoce, pero acerca de los cuales pocos se preguntan: cómo se lleva a cabo el proceso de transformación de un alimento a otro, qué o quiénes lo producen, etcétera. Por tanto, estudiar un fenómeno biológico cuya aplicabilidad en la vida es evidente debiera resultar interesante y

más; aún cuando no es fácil percibirlo mediante los sentidos –producción de gas y vapor de agua, modificación energética en la célula, entre otras-.

1.3 Revisión de la literatura

De acuerdo con Driver, et al.(2000), al planificar una clase es importante considerar el punto de partida de los niños, así como los propósitos que se pretende alcanzar. En este sentido, la investigación educativa acerca de las concepciones alternativas del estudiantado sobre los fenómenos que se trabajarán cobra especial relevancia. Driver et al. (1985:21) menciona que “los sujetos interiorizan su experiencia de una forma propia, al menos parcialmente: construyen sus propios significados. Estas ‘ideas’ personales influyen sobre la manera de adquirir la información”. Además, si partimos de una perspectiva constructivista de la enseñanza en ciencias, es imperativo conocer qué concepciones alternativas tienen los alumnos acerca del fenómeno que se estudiará.

Las concepciones alternativas acerca de la fermentación que consigna la literatura son pocas; por tanto, se decidió emprender la búsqueda en tópicos como la respiración celular aerobia, seguida de microorganismos y descomposición de alimentos. Al respecto, se consultó la base de datos de ideas previas de la UNAM (<http://ihm.ccadet.unam.mx/ideasprevias/estrategia.htm>) y se localizaron algunos materiales de interés, los cuales se resumen en la tabla 1.

Como se observa en la tabla 1, los estudiantes creen que la respiración es básicamente un fenómeno de intercambio de gases que se realiza en los pulmones (Tamayo, et al., 2008; Driver, et al., 2000; Seymor. and Longden, 1991). Esta idea la favorecen dos situaciones: 1) la experiencia cotidiana en la que el fenómeno se explica macroscópicamente y a nivel de sistema y aparato (Tamayo y Sanmartí, 2003), y 2) la forma como se aborda la respiración en la educación

Tabla 1. Ideas previas en relación con los procesos de la respiración celular aerobia y anaerobia*		
Tópico	Concepciones alternativas	Autores
Formas de respiración en seres vivos (aerobia y anaerobia).	Los animales respiran de manera aerobia, y las plantas, en forma anaerobia	Seymor, and Longden, (1991).
	La respiración como un intercambio de gases, en la cual los pulmones son los órganos principales.	Tamayo, et al. (2008); Driver, et al.(1996); Seymor and Longden (1991).
Respiración anaerobia	Ningún ser vivo respira en ausencia de oxígeno	Seymor and Longden (1991).
Fermentación láctica	La transformación de la leche en yogurt no la producen seres vivos	Díaz, et al. (1996).

*Fuente: <http://ihm.ccadet.unam.mx/ideasprevias/estrategia.htm>

básica: se parte del ser humano para después generalizar la función a todos los seres vivos. Esto ha generado una visión antropocéntrica de tal función, así como la creencia de que las plantas no respiran pues no tienen estructuras que realicen las mismas funciones de un aparato respiratorio, tal como se observa en los seres humanos. Algo similar sucede cuando se pregunta si los organismos unicelulares respiran (Cañal, 1999).

Suelen confundirse los procesos de fotosíntesis y respiración cuando se destacan las diferencias del intercambio gaseoso que se lleva a cabo en cada proceso. Así, al considerar la respiración de los animales, y del ser humano en particular, como un intercambio de gases, los estudiantes generalizan e invierten, es decir, todo intercambio gaseoso lo consideran una respiración; en consecuencia, la fotosíntesis se estima como un tipo de “respiración inversa”, esto es, las plantas durante el día toman dióxido de carbono y expulsan oxígeno (Cañal, 1999).

Además, al observar la tabla 1 se advierte que los alumnos conciben el proceso de respiración en plantas y animales, aunque tratan de diferenciar cómo realizan el proceso cada uno. Incluso en la tabla se vislumbra un dato interesante: los alumnos consideran que las plantas no requieren de oxígeno para respirar, pues

señalan que respiran en forma anaerobia. Sin embargo, esta idea abre, al mismo tiempo, una posibilidad y una dificultad para el proceso de enseñanza. La posibilidad es que los alumnos conciban que otros seres vivos distintos a los animales puedan llevar a cabo el proceso de respiración. Éste es un elemento fundamental para el trabajo de modelización que se pretende realizar, pues el fenómeno que se trabajará en el aula es la fermentación, el que es llevado a cabo por las bacterias y levaduras (microorganismos). Y la dificultad se presenta cuando investigadores como Charrier et al. (2006) mencionan que el estudiantado –de primaria, secundaria y bachillerato– refieren que las plantas respiran de forma diferente a los animales, a pesar de que el fenómeno de la respiración celular aerobia lo lleva a cabo, en los mismos términos, la mayoría de los seres vivos, salvo los que realizan la respiración celular anaerobia; por ejemplo, algunas bacterias y hongos. Al respecto, Seymour y Longden (1991) señalan que esta dificultad en el aprendizaje puede explicarse desde el enfoque de Piaget, ya que al presentarse una incongruencia entre la información nueva y los esquemas que ha construido el alumno acerca del fenómeno, el aprendizaje no se cumple.

Otros investigadores (Tamayo, et al., 2008; Charrier, et al., 2006; Seymour and Longden, 1991) informan que la mayoría de los alumnos refiere que ningún ser vivo puede vivir sin oxígeno. Conviene considerar esto por dos cuestiones: la primera porque dificulta el tratamiento del tema, pues la fermentación es resultado de la respiración celular en ausencia de oxígeno (respiración celular anaerobia), por ello el hecho de que los alumnos no conciban la vida sin la presencia de oxígeno representa un reto que debe trabajarse en la estrategia. Es pertinente mencionar que la selección del fenómeno que se trabaja en la estrategia se realizó con base en las sugerencias didácticas del *Programa de Ciencias I* (2006:52-53), en el cual se dice “Planear la experimentación con cultivos de bacilos lácticos y levaduras a fin de observar y registrar evidencias de la respiración anaerobia en procesos de fermentación”. Y la segunda porque, de acuerdo con Tamayo y Sanmartí (2003 y 2007) y Tamayo et al. (2008), el oxígeno lo mencionan los alumnos tanto en los procesos de ventilación del sistema respiratorio –inhalación y

exhalación– (Tamayo et al., 2008; Driver et al., 2000; Seymor, and Longden, 1991; Banet y Nuñez, 1990), como en la asignación de funciones de limpieza, purificación y como dador de energía y vida (Stavy, et al., 1987; Tamayo, et al. , 2008), lo cual deja entrever la posibilidad de un “modelo vitalista” (Tamayo et al., 2008) acerca del papel del oxígeno en el proceso de la respiración celular.

Díaz et al. (1996) mencionan que para los alumnos es difícil atribuir a los microorganismos las transformaciones de ciertos alimentos. En este sentido, los autores explican que los conceptos de microbios y transformaciones están desligados, por lo tanto es necesario promover actividades en las que se conjunten tales conceptos. Esto implica promover actividades de observación de microorganismos y trasladar el fenómeno del nivel macroscópico al microscópico.

Por otro lado, Simonneaux (2000) expone que en un grupo de licenciatura en agronomía las bacterias son vistas como organismos peligrosos para los seres humanos, pues les provocan enfermedades. También puntualizan que las bacterias no pueden compararse con las células, dado que el núcleo de las primeras no es similar al de las segundas. Además, se perciben como agentes de descomposición de los alimentos, y que pueden usarse para el reciclaje o transformación de ciertos productos.

Revisar la literatura acerca de las concepciones alternativas que tienen los alumnos con respecto a los fenómenos a trabajar en la clase de ciencias es fundamental en dos aspectos: primero porque son los elemento de partida del estudiantado y el segundo porque permiten identificar algunas de las posibles dificultades a presentarse durante el proceso de modelización. Por lo que considerarlas en la planificación de la estrategia didáctica es esencial para ayudar a gestionar actividades dirigidas a la reorganización sus ideas y a la construcción de modelos escolares.

Capítulo 2. Marco teórico y referencial

Esta parte del trabajo brinda un panorama del marco teórico en que se fundamenta el diseño de la estrategia didáctica para abordar la fermentación con alumnos de primero de secundaria. Para ello partimos, en tres perspectivas del constructivismo. La primera se relaciona con la forma en que se construye el conocimiento en el campo científico, es decir, la perspectiva epistemológica; la segunda se vincula con la forma en que los sujetos construyen el conocimiento, es decir, la perspectiva psicológica; y la tercera es la perspectiva del constructivismo desde la enseñanza de las ciencias. En esta última se incluye la modelización como una propuesta didáctica para la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de las ciencias.

2.1 Constructivismo desde la epistemología

El constructivismo es una corriente dentro de la epistemología- se refiere a los procesos que describen la indagación y determinan la forma de conocimiento (Dushl,1997)- en la que se concibe al ser humano como un ente activo, el cual se construye a sí mismo, como resultado de la interacción permanente entre sus disposiciones internas y su ambiente (natural, social y cultural), por lo que su conocimiento (cognitivo, social y afectivo) es una construcción propia (Zambrano, 2009).

Ernest (1995) refiere que en la metáfora de la “construcción” está contenido el principio del constructivismo y que expresa von Glasersfeld (1989)⁶: “El conocimiento no es recibido pasivamente, sino que es activamente construido por

⁶ Referido por Ernest, P. (1995). The one and the many. In L.P. Steffe and J. Gale (Eds.), *Constructivism in Education*

el sujeto cognoscente”. Desde esta perspectiva, la ciencia se percibe como una actividad humana donde adquieren importancia los factores sociales, y permite la diversidad de interpretaciones de lo que puede ser la “realidad”, la cual es construida y consensada socialmente (Zambrano, 2009; Sanmartí, 2004). De acuerdo con Schutz (1990), lo que constituye la realidad es la interacción entre sujetos y objetos.

Este cambio de visión de la ciencia, es decir, de una ciencia objetiva, racional y rigurosa (interpretación en la que han trabajado las corrientes epistemológicas empírico-positivistas y racionalistas) por una ciencia donde las personas construyen interpretaciones de los fenómenos implica considerar el conocimiento como una construcción humana en la que no existe la “verdad” única, sino una explicación que la comunidad científica define como la mejor argumentada y consensada en un determinado momento (Sanmartí, 2004 y Zambrano, 2009).

De acuerdo con Duschl (1997), las teorías científicas “representan las mejores creencias razonadas acerca del mundo”, y éstas tienen una historia y desarrollo a través del tiempo, por lo que la idea del cambio es un elemento importante que debe considerarse. En este sentido, Duschl (1997:60) refiere que:

Reconocer que el cambio científico es complejo implica la construcción y desmantelamiento de explicaciones y sugiere dos elementos importantes de la estructura de las teorías científicas.

- 1) En ciencia, no todas las cosas tienen el mismo status. La ciencia coloca en un status preferente a las teorías y modelos teóricos. La diferencia de status se aplica no solamente a las teorías sobre los hechos, sino también entre teorías.
- 2) En ciencias todas las cosas cambian con el tiempo. El proceso de razonamiento que interviene en tal cambio implica conjuntos complejos de actividades de toma de decisiones de consenso y desacuerdo. Afirmar conocer la ciencia es afirmar comprender los mecanismos del cambio de teoría.

La idea de que la ciencia construye representaciones de los fenómenos a través de teorías y modelos y que cambian con el tiempo configura una visión *constructivista de la ciencia*, la cual se relaciona con la visión constructivista del aprendizaje y de la enseñanza (Sanmartí, 2004).

Constructivismo desde la psicología

Chadwick (2001:112) señala que desde el constructivismo:

...el aprendizaje es un proceso por parte del alumno que consiste en enlazar, extender, restaurar e interpretar y, por lo tanto, construir conocimiento desde los recursos de la experiencia y la información que recibe. La persona debe relacionar, organizar y extrapolar los significados de éstas.

Cabe mencionar que en esta perspectiva se prioriza el proceso de adquisición del conocimiento sobre el resultado del aprendizaje. Al respecto Justi (2006) refiere que los alumnos se pueden involucrar en situaciones didácticas en las que puedan construir su conocimiento, pero es poco probable que descubran, a través de su experiencia empírica, las ideas científicas que han sido validas y comunicadas por medio de instituciones de ciencias.

Otro elemento destacable en el constructivismo es la consideración del conocimiento como un producto de la interacción de las disposiciones internas de la persona con el contexto social, proceso en el cual los procesos psicológicos se adquieren primero en un contexto social y luego se internalizan en el sujeto que aprende (Chadwick, 2001).

De acuerdo con esta visión, hay tres aspectos importantes; 1) la consideración de las concepciones alternativas de las personas; 2) el aprendizaje de conceptos como una apropiación personal; 3) la importancia del contexto social.

Concepciones alternativas

Bajo la perspectiva constructivista, se concibe que desde los primeros días de vida los niños han desarrollado ideas o esquemas a través de su interacción con el medio y durante los procesos de aprendizaje (Chadwick, 2001). Éstas ideas reciben diferentes denominaciones, por ejemplo: ideas previas, preconcepciones, concepciones alternativas, miniteorías y ciencia de los niños, entre otras; la mayoría se enmarca en la comparación de las ideas de los niños con respecto a la ciencia erudita. Sin embargo, otras –como las ideas previas y concepciones alternativas– se interpretan como la comprensión propia de los niños y se exploran y analizan en sus propios términos, sin que haya parámetros definidos de comparación (Zambrano, 2009). Por tanto, aquí se utilizará el término de *concepciones alternativas*, en vista de que al parecer hay acuerdo entre los investigadores del campo para denominarlas de tal manera (Gómez, 2008).

Ahora bien, las estructuras cognitivas, de acuerdo con Carretero (1994)⁷, son representaciones que las personas construyen, de una situación concreta o de un concepto, lo que permite utilizarlas internamente cuando los sujetos enfrentan contextos parecidos a los experimentados con anterioridad. En este sentido, las niñas y los niños tienen experiencias acerca de lo que ocurre cuando dejan caer objetos, los empujan, tiran de ellos, los lanzan, y de esta forma construyen ideas y expectativas respecto de cómo perciben los objetos y su movimiento.

En las investigaciones realizadas en distintos países se han identificado rasgos comunes en las concepciones alternativas de las niñas y los niños; al respecto, Furió et al. (2006)⁸ refieren características como las siguientes:

⁷ Referido por Chadwick, C. (2001). La psicología de aprendizaje del enfoque constructivista. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*.

⁸ Refrido por Gómez, A. (2008). Las concepciones alternarivas, el cambio conceptual y los modelos explicativos de los alumnos. En C. Merino, A. Gómez y A. Adúriz-Bravo (Coord.) (2008).

- Están ampliamente representadas en el aprendizaje de diferentes áreas científicas. Los educandos desarrollan concepciones alternativas acerca de los diferentes aspectos del mundo que les rodea mediante sus experiencias; por ejemplo, con los animales, las plantas, la luz y las sombras, las estufas y los juguetes, entre otros.
- Algunas están organizadas en esquemas conceptuales coherentes para los alumnos, por lo que son difíciles de transformar, incluso después de la enseñanza. Varias investigaciones (Duit, 2006; Flores et al., 2001; Driver et al., 2000) indican que tales ideas deben considerarse como algo más que simples ejemplos de información incorrecta; los niños tienen formas de interpretar los sucesos y fenómenos coherentes y que encajan en sus campos de experiencia, aunque difieran sustancialmente de la opinión científica. Los estudios señalan también que a pesar de la enseñanza formal, estas ideas pueden persistir en la edad adulta.
- Varias se parecen a las ideas existentes en ciertos periodos históricos del desarrollo de la ciencia. Sin embargo, Furió-Gómez, Solbes y Furió-Más (2007) mencionan que se debe tener cuidado con esta característica, porque si bien las ideas de las y los estudiantes pueden coincidir con ciertos momentos históricos de la ciencia, en sus concepciones no establecen las relaciones ni el alcance que en su momento histórico tuvieron.

Conocer las concepciones alternativas de las niñas y los niños acerca de los contenidos es el punto de partida para el desarrollo de estrategias didácticas en las que se considere al alumno como actor principal en la construcción de su conocimiento.

Aprendizaje de conceptos como una apropiación personal

Asumir el aprendizaje como la apropiación personal del conocimiento evidencia el carácter activo que se le confiere al sujeto, al respecto destacan los trabajos de

Piaget, quien concibe el aprendizaje en relación con el desarrollo (Zambrano, 2009). Varios de los estudios de Piaget señalan su preocupación por conocer los procesos internos que ocurren en el sujeto que conoce. Al respecto, Piaget postula la existencia de estructuras cognoscitivas que tienen la propiedad organizativa, llamadas 'esquemas', y que también incluyen una propiedad funcional en la que al funcionamiento intelectual lo caracterizan los procesos de asimilación y acomodación. Cuando ambos procesos están en equilibrio se dice que constituyen una adaptación intelectual (López, 2009)

El contexto social en la construcción del conocimiento

Una de las expresiones más claras de los orígenes sociales del pensamiento humano la ofrece Vygotsky (Wershc, 1988), quien en su obra señala que:

Cualquier función en el desarrollo cultural del niño o la niña aparece dos veces, o en dos planos. Primero aparece en el plano social, y después en el plano psicológico. En primer lugar aparece entre las personas como una categoría interpsicológica, y luego aparece en el niño o la niña como una categoría intrapsicológica. Esto es igualmente cierto con respecto a la atención voluntaria, la memoria lógica, la formación de conceptos y el desarrollo de la voluntad [...] las relaciones sociales o las relaciones entre las personas subyacen genéticamente a todas las funciones superiores y sus relaciones.

Ahora bien, si se considera que los sujetos nacen en ambientes sociales y culturales en los que reciben información de los adultos y de las relaciones que establece con éstos, en consecuencia van perfilando significados y formas de actuar en determinadas situaciones. Al respecto, Piaget y García (1982:228) señalan lo siguiente:

Bien pronto en la experiencia del niño, las situaciones con las cuales se enfrenta son generadas por su entorno social, y las cosas aparecen en contextos que les otorgan significaciones especiales. No se asimilan objetos "puros". Se asimilan situaciones en las cuales los objetos desempeñan ciertos papeles y no otros.

El conjunto de los elementos que se han enunciado sirven de base para la perspectiva constructivista de la enseñanza de las ciencias.

Constructivismo desde la enseñanza de las ciencias

Duschl (1997) señala que durante los últimos años se ha discutido y reconocido la importancia de la enseñanza de la ciencia; sin embargo, el rápido progreso del conocimiento científico ha generado una brecha entre los científicos y el público en general. Esta situación representa un reto para los profesores y los diseñadores del currículo, quienes tendrán que decidir cuáles contenidos son los más importantes. Además, el autor plantea que los profesores se enfrentan a un segundo reto: cómo diseñar una enseñanza de las ciencias que refuerce la idea de que el conocimiento científico cambiará.

Desde la perspectiva constructivista resaltó dos aspectos: uno se relaciona con la importancia de las ideas previas o concepciones alternativas como elementos que ayudan en la interpretación de los fenómenos, y la otro es el de concebir las construcciones que realizan las personas acerca de esos fenómenos como modelos. Ambos aspectos se considerarán en la elaboración de la estrategia didáctica.

Conviene mencionar que las investigaciones acerca de las concepciones alternativas de los alumnos (Furió et al., 2006; Duit, 2006; Gallegos y Flores, 2003; Driver y Oldman, 1986; Driver et al., 1985;) y la búsqueda de su transformación develaron la complejidad de aprender ciencias, de ahí que algunos investigadores orientaran sus estudios hacia los procesos de aprendizaje de las ciencias y la búsqueda de sentido, emprendida por los alumnos, hacia la ciencia que se enseña en la escuela (Driver et al., 2000). Aquí destacan tres elementos: el papel del maestro, la función del individuo que aprende, es decir, el alumno, y lo que se ha de enseñar, esto es, el contenido. La interrelación entre estos elementos

constituye lo que Chevillard (1991)⁹ ha denominado “sistema didáctico”. Y como en todos los sistemas, estos factores interaccionan, y cuando lo hacen en forma óptima la acción docente es eficaz y los alumnos aprenden.

Según Izquierdo et al. (1999b), el conjunto de mecanismos que permiten la planificación y el desarrollo del sistema didáctico se conoce como “transposición didáctica”; en su opinión, a través de ella los docentes diseñan situaciones de enseñanza en las que los alumnos piensan, escriben y actúan de acuerdo con la ciencia que pueden hacer: la que les sirve para aprender.

2.2 Modelización

De acuerdo con Justi (2006), es importante la búsqueda de integración entre los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como la explicitación de elementos metodológicos que orienten al profesor acerca de aspectos relevantes que es imprescindible considerar durante la enseñanza. En este sentido, la construcción de modelos como una metodología que permite la enseñanza de contenidos científicos resulta una alternativa adecuada.

García y Sanmartí (2005) mencionan que:

desde la perspectiva de considerar a la Ciencia como un conocimiento basado en modelos, se acepta que las interpretaciones no proceden en forma directa de la realidad, sino de modelos, “*objetos abstractos cuyo comportamiento se ajusta exactamente a las definiciones*”, pero que cuya relación con el mundo real es compleja. “*El ajuste modelo-realidad no es global, sino sólo relativo a aquellos aspectos del mundo que los modelos intentan capturar*” Giere (1999:64).

Giere (1999) señala que los científicos no sólo interactúan con objetos, sino también con creaciones simbólicas propias, por ejemplo: enunciados, ecuaciones,

⁹ Referido por Izquierdo, M. Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*.

gráficos, diagramas, fotografías, etcétera. Por lo tanto, existen diversas formas de acceder a las “familias de modelos” que constituyen la teoría. En este sentido, una teoría puede ser una manera abstracta y “aparentemente” alejada del mundo real, empero, también “una familia de modelos” que contiene representaciones de

Esta tesis la ilustra la figura 1.

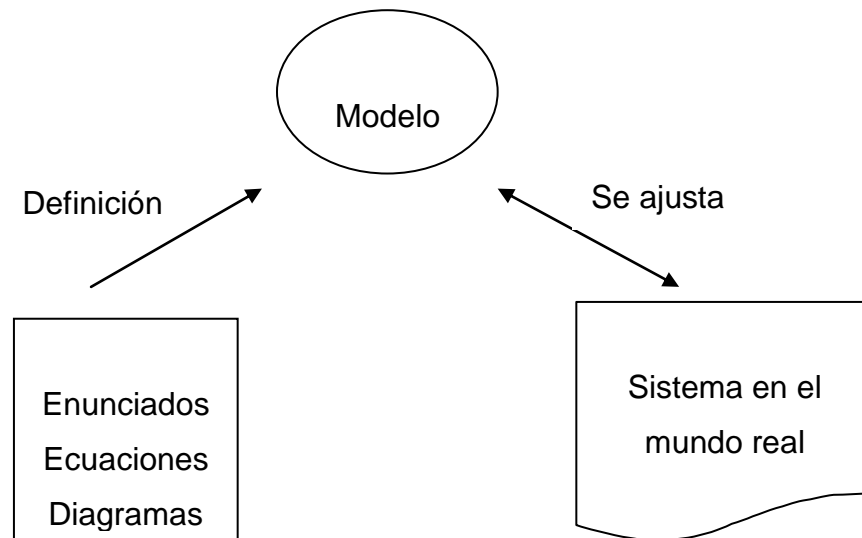


Figura 1. Aproximación de las teorías científicas basadas en “modelos”.

*Fuente: Giere, R., 1999

hechos ejemplares, los cuales se interpretan y (re)construyen teóricamente (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005).

Si consideramos que los científicos al estudiar un fenómeno del mundo construyen un modelo, que les permite explicarlo y generar predicciones, también conviene destacar su carácter de construcción abstracta generada mediante la actividad humana. De acuerdo con Gómez (2006:3), los modelos contienen entidades finitas que se relacionan entre sí y su organización “produce nociones, definiciones, conceptos, generalizaciones confirmadas, leyes, hipótesis, metáforas, analogías, procesos o ecuaciones”. Asimismo, señala que las entidades y sus relaciones

están definidas dentro del modelo en cuestión y, por lo tanto, tienen significado en él.

Justi (2006) argumenta acerca de la importancia de la construcción de modelos en la enseñanza de las ciencias, y al respecto señala que éstos tienen la finalidad de:

- *Aprender ciencia*, es decir, el alumnado debe tener conocimiento acerca de la naturaleza de la ciencia, los ámbitos de aplicación y las limitaciones de los modelos científicos.
- *Aprender sobre ciencia*, esto es, que los estudiantes comprendan la naturaleza de los modelos y puedan evaluar su papel en el desarrollo y la comunicación de los resultados de la investigación científica.
- *Aprender a hacer ciencia*, es decir, las alumnas y los alumnos deben ser capaces de construir, comunicar y comprobar sus propios modelos.

Ahora bien, desde la didáctica o enseñanza de las ciencias la visión de la construcción de modelos científicos escolares puede llevarse al aula mediante un proceso de transposición didáctica; lo que implica favorecer entre los alumnos la construcción de modelos, con la intención de que éstos les proporcionen representaciones y explicaciones de los hechos del mundo. Sin duda, estos modelos no serán iguales a los que construye la ciencia erudita, pero sí tienen que ser coherentes con ella. En tanto son construcciones que tienen características funcionales –sirven para explicar un fenómeno del mundo–, se llevan a cabo en un contexto determinado y su construcción tiene una finalidad (Gómez, 2006).

Guidoni (1985)¹⁰, de acuerdo con la tradición de la ciencia cognitiva, se refiere a las tres dimensiones del sistema cognitivo humano (aquellas que al interactuar permiten la emergencia de conocimiento personal en “contexto”): lenguaje, representación mental y acción. El mismo autor sugiere que:

¹⁰ Referido por Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las ciencias*.

el conocimiento significativo se adquiere cuando hay coherencia entre las tres dimensiones y por ello permite hacer lo que se piensa y decirlo de tal manera que transforma tanto lo que se ha hecho como lo que ha pensado [...] para poder actuar y pensar de nuevo.

Lenguaje

En ciencias, la principal forma de abordar los contenidos es mediante la expresión verbal del profesor (Izquierdo, 2005; Sanmartí, 2004; Izquierdo, et al., 1999; Driver y Oldman, 1986). Esto se complica todavía más cuando al mismo tiempo se expone en un lenguaje científico, el cual se caracteriza porque es formal, impersonal, preciso y riguroso (Pipitone, Sardá y Sanmartí, 2008). En este sentido, Izquierdo (2005:116) señala que:

...para nosotros los profesores de ciencias, lo más intrigante es la dificultad que aparece al interpretar la experimentación escolar mediante los términos que se refieren a entidades científicas. El profesorado “tiene” el término, que aparece en los libros de texto, pero el alumnado no tiene aún la idea científica.

Debe sumarse lo que indica Candela (2006): varias de las propuestas para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciencias no consideran que la construcción de las ciencias es social, y que le ha tomado mucho tiempo a la humanidad estructurarla coherentemente, por lo que es muy difícil que los educandos sean capaces de construir el mismo significado cuando se parte de teorías y concepciones científicas; es decir, los profesores de ciencias parten de los conceptos científicos para que los alumnos generen ideas científicas y con ellas interpreten ciertos hechos. Esta forma de abordar los contenidos en ciencias dificulta la comunicación entre los profesores y los alumnos; al respecto, Lemke (1997: 9) menciona que:

Los profesores pertenecen a una comunidad de personas que hablan el lenguaje de la ciencia. Los alumnos, al menos por un largo tiempo, no lo hacen. Los profesores tienen dicho lenguaje para dar sentido a cada tema de una manera particular. Los estudiantes emplean su propio lenguaje para formar una visión del tema que puede ser muy diferente. Esta es una razón por la cual comunicar ciencia puede ser tan difícil.

Tobin (1996) y Roth (1995) puntualizan que con el propósito de que los alumnos aprendan ciencia como un discurso, es necesario que adapten sus recursos lingüísticos y coparticipen en actividades donde se practique ciencia. Esto implicará el uso de un lenguaje compartido al que puedan acceder todos los integrantes, de tal manera que los participantes logren comunicarse entre sí los aprendizajes se suceden. De igual forma, Lemke (1995:8) señala que el discurso es una “actividad social de producir significados con el lenguaje y otros sistemas simbólicos en una situación particular o entorno”, y lo considera como una especie de saber “hacer”, que “cobra sentido y unifica a la comunidad donde se lleva a cabo”.

De acuerdo con Izquierdo et al. (1999), el lenguaje le permite a los alumnos la construcción y apropiación de los hechos científicos, y donde hablar, discutir y escribir acerca de los fenómenos naturales en los que es posible actuar puede considerarse el “método” para la construcción de la ciencia escolar. Desde esta perspectiva, la ciencia escolar se entiende como la actividad de construcción de modelos científicos escolares (Gómez, 2006).

Representación mental

Mediante la expresión *representación mental* se indica que los individuos tienen ideas, imágenes y diversos lenguajes en su cerebro-mente, los cuales son susceptibles de estudiarse y modificarse (Izquierdo, 2005). En este sentido, en opinión de Tamayo (2002) las representaciones son construcciones que los sujetos realizan para comprender el mundo, las cuales pueden ser diferentes en cuanto a contenido, pero no en lo referente a su formato representacional –sea proposicional, representaciones mentales o imágenes mentales– o al proceso en que las personas las construyen y las manipulan. Las representaciones se utilizan en cualquier ámbito –personal, social, educativo, afectivo– y agrupan la percepción visual, la comprensión del discurso, el razonamiento, la experiencia e

incluso la representación del conocimiento. Según Tamayo, el conocimiento del mundo se construye tanto de lo que éste es como las ideas que se tienen de él, y es la interacción entre ambas dimensiones lo que permite a las personas construir las representaciones.

Acción

Las actividades prácticas y experimentales se consideran como uno de los principales medios para el aprendizaje de las ciencias, ya que favorecen el cuestionamiento acerca de los fenómenos naturales, el uso de herramientas y habilidades para la actividad científica; y el desarrollo de la comprensión de conceptos y procesos de la naturaleza de la ciencia (Lunetta et al., 2007). Investigadores como Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) afirman que las prácticas escolares son importantes porque a partir de ellas se configuran modelos teóricos escolares que ayudan a los alumnos a comprender, un poco, algunos fenómenos cotidianos.

2. 3 Desarrollo histórico del concepto de respiración celular

A lo largo de la historia se han estructurado diferentes modelos del proceso de respiración, cómo ocurre y las estructuras que los llevan a cabo. Al respecto se tienen los siguientes:

a) El modelo del aliento vital

Propuesto por los filósofos griegos quienes consideraban a la respiración como una condición para la vida y para la conciencia en donde tanto el aliento como la sangre eran una doble fuente de vida. Al corazón lo situaban como el órgano receptor del aliento y por lo tanto en órgano respiratorio. De acuerdo con Tamayo (2001) Plarón y Aristóteles presentan ideas como las siguientes:

“Platón da una doble funcionalidad a la respiración: satisfacer las necesidades nutritivas del cuerpo y enfriarlo debido al calentamiento que sufría, por la producción de calor. Con

base en esta concepción de la respiración se acepta la idea de que en aire hay partículas cuya función era proporcionar alimento al cuerpo. Aristóteles presenta una idea netamente fisiológica de la respiración como mecanismo de refrigeración del calor interno, eliminando así las posibles relaciones con el alma”

b) El modelo de intercambio de gases

Son importantes las aportaciones de Galeno, quien estudia aspectos anatómicos de pulmón y del corazón, así como la mecánica respiratoria. Galeno con base en sus estudios refiere en los siglos XVII y XVIII las siguientes conclusiones acerca de la respiración:

- refrigeración del cuerpo.
- producir el calor interno y el aliento vital, lo cual sucede en el corazón.
- eliminar del cuerpo productos fuliginosos.

Sin embargo, diferentes descripciones realizadas por Vesalio (1514-1564) ponen en duda la existencia de poros en el tabique interventricular del corazón propuesto por Galeno. Harvey (1578-1675) por su parte trata de investigar el movimiento, las acciones y los usos del corazón y las arterias y es Malpighi (1628-1694) el primero que describe el sistema circulatorio a través de la conexión de capilares periféricos, venas y arterias. Así mismo Malpighi estudia la microestructura de los pulmones y en el mecanismo de intercambio de gases (Pérez, 1990). Hooke consideró que no existe aire en las venas pulmonares por lo que comienza a desplazar las ideas vitalistas, del fuego interior y del aliento vital; tomando fuerza los mecanismos de ventilación y transformación del aire una vez respirado (Giordan, et al, 1988)¹¹.

c) El modelo de la combustión

La influencia de los filósofos griegos acerca de la respiración sobretodo en con respecto a la denotación de fuente de vida y calor interno impregno gran parte de

¹¹ Referido por Tamayo, O. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional, aplicación al concepto de respiración.

la historia y es así que Lavoisier en el siglo XVIII considera a la respiración como una combustión lenta. Hasta ese momento las observaciones fueron realizadas en organismos y basadas específicamente en estudios fisiológicos de sus aparatos respiratorios, así como del intercambio de gases. Para Lavoisier, “la respiración es una combustión lenta de una porción de carbono que contiene la sangre, y que el calor animal se desprende cuando el aire vital de la atmósfera se convierte en gas carbónico, como ocurre en toda combustión del carbono” (Giordan, et-al, 1988)¹². Necesito checar la cita con un libro de química.

El hecho de considerar a la respiración como una combustión lenta condujo a los investigadores de la época a nuevas problemáticas, específicamente las referentes al estudio de las concentraciones de Oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂) en el aire inspirado y expirado, al estudio de los compuestos de la sangre que participan en la oxidación y a estudios termodinámicos (Tamayo, 2001).

d) El modelo molecular o de acoplamiento quimiosmótico

A finales del siglo XIX con el descubrimiento de las mitocondrias, los citocromos y con los estudios en metabolismo, se encuentra la diferencia entre respiración y combustión. En los comienzos del siglo XX, con el descubrimiento de las deshidrogenadas, enzimas respiratorias, glicólisis, el ciclo de Krebs, y el ciclo ADP-ATP, el ciclo del fosfato, se generó la hipótesis quimiosmótica. A la que se integra el transporte electrónico, hidrólisis y síntesis de ATP, y el transporte de solutos a nivel de la membrana celular; esta hipótesis ayuda a configurar el nuevo modelo molecular de la respiración (Tamayo, 2007). En el siguiente apartado se aborda con más detalle este modelo.

¹² idem

2.4 Descripción de la respiración celular

Antes de tratar la respiración anaerobia es conveniente, desde mi perspectiva, abordar la respiración. Con frecuencia, el término *respiración* se entiende, debido a su etimología latina, como sinónimo de respiración pulmonar. Ésta consiste en el intercambio de gases, es decir, los seres vivos obtienen oxígeno (O₂) de su ambiente y liberan dióxido de carbono (CO₂) hacia él (Campbell, Mitchell y Reece, 2001). Pero, ¿qué pasa con el oxígeno, para qué lo utilizan los seres vivos? Esto representa otro nivel de aproximación a la respiración, que se conoce como respiración celular, cuya finalidad es la descomposición de la glucosa para la obtención de energía.

De acuerdo con Campbell, Mitchell y Reece (2001), el proceso de respiración celular funciona básicamente como “transportador de electrones a través de una serie de reacciones en las que se libera energía”. Para entender cómo se lleva a cabo este proceso, los autores lo dividen en tres etapas:

- Glucólisis. El término significa “ruptura del azúcar”, durante la cual se obtienen dos moléculas de ATP (adenosín trifosfato), dos moléculas de NADH (forma reducida de nicotinamida adenina dinucleótido) y dos moléculas de ácido pirúvico. Este último compuesto sufre, antes de entrar a la segunda etapa, un “retoque” y en el curso de éste se oxida, es decir, transfiere electrones; pierde un átomo de carbono y se libera CO₂, y el compuesto denominado coenzima A (compuesto derivado de la vitamina B) se une al fragmento del ácido pirúvico, con lo que se forma la molécula llamada acetil coenzima A (acetil CoA), molécula de alta energía para el ciclo de Krebs. Cabe señalar que por cada molécula de glucosa en la glucólisis se generan dos moléculas de acetil CoA que entran a la segunda etapa.

- Ciclo de Krebs. Éste se lleva a cabo dentro de la matriz de la mitocondria; durante este proceso la coenzima A ayuda al grupo acetilo a entrar en el ciclo, separándose de éste para reciclarse. En el ciclo se desensambla por completo el grupo acetilo y se producen cuatro moléculas de ATP, doce de NADH y cuatro de FADH (por cada molécula de glucosa). Este rendimiento, en términos de la cantidad de energía que se puede obtener por el tipo de moléculas, es mayor que en la glucólisis.
- En la última etapa, la coenzima NAD⁺ (nocotinamida adenina dinucleótido) –un transportador de hidrogeno– transporta algunos electrones desde el ciclo de Krebs hasta la cadena transportadora de electrones. Una vez capturados temporalmente los electrones en NADH, los conducen hasta el comienzo de la cadena de transporte de electrones. La cadena utiliza el flujo cuesta abajo de los electrones desde NADH hasta el O₂ para bombardear iones H⁺ a través de la membrana. Este proceso almacena energía que la enzima ATP sintetasa utiliza para producir, mediante quimiósmosis, la mayor parte del ATP de la célula.

Según estos mismos autores, la célula puede obtener una cantidad importante de energía de la molécula de glucosa –aproximadamente 40% de la energía potencial de la molécula– cuando el oxígeno está disponible para la cadena de electrones y es factible la quimiósmosis. Conviene mencionar que sin el oxígeno como aceptor de electrones en la cadena transportadora, la quimiósmosis se detiene, lo que produce la muerte celular debido a la falta de energía. Sin embargo, existe cierto tipo de células que poseen determinados mecanismos que les permiten sobrevivir en ambientes carentes de oxígeno.

Existen básicamente dos tipos de respiración celular: la aerobia, que utiliza oxígeno como elemento de ayuda en la obtención de energía de los nutrientes (38 ATP por cada molécula de glucosa), y la anaerobia, que se realiza en ausencia de oxígeno y que aporta menos energía (2 ATP por cada molécula de

glucosa). Esto podría parecer imposible, sin embargo, no lo es. Algunas bacterias y levaduras, por ejemplo, pueden vivir en ambientes carentes de O_2 pero con suficientes nutrientes para mantener el proceso de respiración celular, y con ello seguir obteniendo la energía para mantenerse vivas; sin embargo, los productos de este tipo de respiración en concentraciones altas pueden inducir la muerte del ser vivo. La respiración celular aerobia la realizan las plantas, animales (vertebrados e invertebrados), algunos protistas, como algas y protozoarios, y algunos hongos; la respiración celular anaerobia la realizan básicamente algunas bacterias y levaduras.

La fermentación alcohólica del vino es un ejemplo de respiración celular anaerobia en la cual las levaduras obtienen energía de la glucosa, pero dado que no hay O_2 para que se pueda realizar un aprovechamiento óptimo de ésta, la cantidad de energía que se obtiene es poca y entonces se producen compuestos como el etanol (compuesto químico altamente energético) y el CO_2 .

Hoy en día se sabe que la fermentación es el primer proceso químico que los humanos aprendieron a controlar, y desde ese momento lo han utilizado para su beneficio, a través de éste se producen vinos, cervezas, pan, sidra, yogur y queso, entre otros alimentos.

El trabajar este tipo de fenómenos puede atraer la atención de los estudiantes por las aplicaciones que tiene en diferentes culturas, pero el modelo teórico que lo explica es complejo.

2.4 Programas de estudio de Educación Secundaria

En el presente apartado se hace referencia a elementos que desde la Secretaría de Educación Pública enmarcan el estudio de la respiración celular anaerobia en el nivel secundaria.

En los programas de estudios de secundaria para Ciencias (2006:10) plantea como propósito central

“ayudar al alumno a construir los conocimientos científicos que puedan integrarse con otros campos del saber que requieren el manejo de habilidades, valores, actitudes y conocimientos útiles. Para ello es preciso que los conceptos se asocien con la práctica y la acción...”

De lo anterior se puede inferir en los programas sugiere una visión constructivista de la enseñanza de la ciencia en el nivel secundaria. Al señalar la construcción de conocimientos por parte del alumno. Desde esta perspectiva se considera que la modelización es una forma de acercarse al propósito planteado.

Otros propósitos que también se plantean en los programa de estudios de secundaria (2006:21) se enmarcan en la formación científica en la educación básica; algunos se relacionan con la metodología de trabajo que fundamenta la estrategia didáctica, es decir, la modelización, y son:

- El desarrollo de habilidades de pensamiento científico y sus niveles de representación e interpretación acerca de los fenómenos y procesos naturales.
- El reconocimiento de la ciencia como actividad humana en permanente construcción, cuyos productos se utilizan según la cultura y las necesidades de la sociedad.

Y de los propósitos específicos de la asignatura de Ciencias I con énfasis en Biología (2006:33) seleccionamos aquellos relacionados con el contenido de respiración anaerobia, y que a continuación se mencionan.

- Identificar la ciencia como un proceso histórico y social en actualización permanente, con los alcances y las limitaciones propios de toda construcción humana.

- Conocer más de los seres vivos, en términos de su unidad, diversidad y evolución.

Ahora bien, para lograr estos propósitos se proponen contenidos conceptuales y de desarrollo cognitivo y de actitudes en cinco bloques, y en el tercero de éstos se localiza el tema de respiración anaerobia (SEP, 2006).

Tabla 2. Tercer bloque del programa de estudios 2006 de ciencias para secundaria*

Bloque	Propósito	Temas
III. La respiración	Qué los alumnos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifiquen la respiración como proceso que caracteriza a todos los seres vivos. 2. Analicen las causas de las enfermedades respiratorias más frecuentes y cómo prevenirlas. 3. Comparen distintas estructuras respiratorias como evidencias de la diversidad y adaptación de los seres vivos. 4. Reconozcan la importancia histórica del desarrollo tecnológico en el tratamiento de las enfermedades respiratorias. 5. Apliquen e integren habilidades, actitudes y valores en el desarrollo de proyectos, enfatizando la sistematización y síntesis de información y la organización de foros para presentar resultados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respiración y cuidado de la salud. 2. La respiración de los seres vivos: diversidad y adaptación. 3. Tecnología y sociedad. 4. Proyecto (temas y preguntas opcionales).
*Fuente: SEP, 2006. <i>Ciencias. Educación básica. Secundaria. Programas de Estudio 2006.</i> México, SEP.		

El tema 2, “La respiración de los seres vivos: diversidad y adaptación”, a su vez se subdivide en varios subtemas de los cuales sólo se considera el 2.2, “Comparación entre la respiración aerobia y la anaerobia” para la estrategia

didáctica. A continuación referimos los aprendizajes esperados para el subtema (SEP, 2006) 2.2. Comparación entre la respiración aerobia y la anaerobia:

- Explica las principales diferencias entre la respiración aerobia y la anaerobia relacionándolas con el tipo de organismos que las llevan a cabo.
- Compara las características de los organismos anaeróbicos y los ambientes en que se desarrollan.
- Reconoce la importancia de la producción de queso, pan y vino como procesos técnicos de fermentación tradicional que antecedieron al descubrimiento de la respiración anaerobia.

Al planear las actividades que dan forma a la estrategia didáctica se consideraron las sugerencias didácticas de los *Programas de Estudio 2006*; esto es, acercar a los alumnos al proceso de respiración anaerobia mediante la experimentación con cultivos de bacilos lácticos y levaduras.

Con base en los elementos que aporta la modelización y el programa de estudio de Ciencias I con énfasis en Biología (2006) se diseña la estrategia didáctica –la que se aborda en el siguiente capítulo- tendiente a modelizar el fenómeno de la fermentación, con miras a que los alumnos construyan modelos escolares que les permitan dar cuenta de ese fenómeno.

Capítulo 3. Estrategia didáctica

La enseñanza de las ciencias, en particular en la educación básica, implica la búsqueda de formas de enseñanza que, desde la perspectiva constructivista, favorezcan la construcción del conocimiento por parte del sujeto que aprende y aquí se considera que la modelización es una forma de acercarnos a ello. En este capítulo se dará forma a la estrategia didáctica que, aplicada a un grupo de primero de secundaria, pueda mostrar las bondades de apoyar las propuestas didácticas en la perspectiva de la modelización para favorecer el aprendizaje de las ciencias en el aula en el ámbito particular de la respiración celular anaerobia.

De acuerdo con López y Mota (2002), se denominan “estrategias didácticas”:

...todas aquellas maneras de proceder docente –etapas o fases seguidas de una secuencia de enseñanza–, fundamentadas –es decir, sustentadas en desarrollos teóricos– y validadas –puestas en práctica y valoradas desde el punto de vista de los resultados obtenidos–, para temáticas contenidas en distintas disciplinas de enseñanza –biología, física y química.

Con base en esta definición, se tratarán los criterios que guiaron el diseño, desarrollo y evaluación de la estrategia didáctica. Después se describen las actividades realizadas, así como los instrumentos utilizados para recabar información y, a continuación, se detalla el proceso de modelización.

3.1 Criterios para desarrollarla

Los criterios empleados en el diseño de la estrategia didáctica se basan en aspectos teóricos (constructivismo en la enseñanza de las ciencias y la modelización) y prácticos (tiempo, material, etcétera).

De esta manera, los criterios teóricos para el diseño de la estrategia didáctica fueron:

- Identificación de concepciones alternativas de los alumnos acerca del proceso de respiración en general y de la fermentación en particular.
- Construcción de modelos a partir de contrastar sus ideas acerca de la fermentación con observaciones respecto de la fermentación láctica.
- Utilización de actividades experimentales que permitan: la descripción de lo que sucede, cómo lo pueden explicar, qué argumentos utilizan para sustentar sus hipótesis; de la identificación de los elementos constitutivos del modelo, los atributos de éstos, y las relaciones entre ellos.
- Contraste de modelos con base en el desarrollo de dispositivos que favorezcan la identificación de similitudes y diferencias con respecto al primer experimento.

Elaboración de conclusiones basándose en los resultados obtenidos en la aplicación de sus dispositivos; argumentación de sus ideas en relación con la fermentación láctica.

En lo referente a los criterios prácticos, se consideró lo siguiente:

- La utilización de tiempos de clase normales (sesiones de aproximadamente 50 minutos) en aula y laboratorio. En éste, se negociaron dos clases extra, dado que en promedio los alumnos asisten al laboratorio una vez por semana, y en este caso es necesario asistir por lo menos cuatro veces, es decir, dos veces por semana.
- Se procuró tener suficiente material de cristalería, papelería, cómputo y microscopios en buen estado.
- Utilización del subtema 2.2 “Comparación entre la respiración aerobia y la anaerobia”, del Bloque III, “La respiración” del Programa de Estudio 2006, Ciencias I, como punto de referencia, con el fin de asegurar un anclaje con el programa vigente en el nivel secundaria.

3.2 Propósito

Diseñar, desarrollar y evaluar una estrategia didáctica basada en la modelización que permita a los alumnos de primer grado de secundaria construir un modelo escolar acerca del fenómeno de la fermentación.

Con base en la revisión de la literatura -acerca de las concepciones alternativas de la fermentación- y el Programa de Ciencias I con énfasis en Biología (2006) se proponen tres propósitos a considerar en la construcción del modelo escolar. Estos propósitos son:

- Identificar a los *Lactobacilos sp.* como los responsables de la transformación de la leche en yogur
- Identifica que algunos seres vivos respiran en ausencia de oxígeno
- Identifica a la fermentación láctica como producto de la respiración anaerobia de cierto tipo de bacterias.

3.3 Estructura

Al trabajar este tema, dos aspectos deben tratarse con especial atención. El primero es la dificultad de abordar procesos imposibles de ver. El proceso de la respiración celular anaerobia se lleva a cabo a nivel celular, por medio de una serie de reacciones químicas de las que se obtiene de energía, la cual se almacena en los enlaces de las moléculas de ATP (adenosín trifosfato). El segundo es considerar las concepciones alternativas del estudiantado que explican la respiración celular anaerobia (fermentación) al margen de las explicaciones científicas escolares, y que son el punto de partida para la construcción de modelos posteriores.

En la estrategia didáctica propuesta (tabla 3), las actividades se organizaron en tres fases, de acuerdo con que señalan López y Mota (2002):

- **Inicio** (actividades de exploración). Incluye todas aquellas actividades que permiten situar al alumno cerca de la temática de estudio, así como identificar sus concepciones alternativas respecto a ellas.
- **Desarrollo** (actividades de conceptos, modelización y de estructuración del conocimiento). Esta fase se orienta a que los alumnos identifiquen nuevos puntos de vista, formas de resolver problemas, o bien, características que les permitan definir conceptos con la intención de comunicarlos en el lenguaje apropiado.
- **Cierre** (actividades de aplicación). En éste se presentan actividades en las que el alumnado pueda aplicar sus concepciones revisadas en contextos diferentes.

Conviene señalar tres aspectos, uno que el tiempo de clase es de 50 minutos, incluida la estancia en el laboratorio y dos que la organización de las actividades en sesiones obedece a la relación que tiene éstas con los propósitos planteados y tresel número de alumnos en el grupo de aplicación varía entre 27 y 16. La síntesis de la estrategia se presenta en la tabla 3.

Etapas	Criterio	Propósito	Sesión	Actividades
Inicio	Exploración de concepciones alternativas.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las concepciones alternativas acerca del proceso de la respiración. 	1. Exploración de concepciones alternativas acerca de la respiración.	1. Solicitar que contesten un cuestionario acerca de la respiración. 2. Organizar equipos y tomar el pulso y la frecuencia respiratoria en reposo (T_0), y después de realizar sentadillas durante un minuto y medio (T_1). Organizar los resultados en una tabla y cuestionar a las y los estudiantes acerca de qué piensan de lo que sucede y por qué. Preguntarles a los alumnos acerca de si existe algún ser vivo que pueda vivir sin aire.

				3. Dibujar el recorrido del aire en el cuerpo humano.
Desarrollo	Construcción del modelo de fermentación.	<ul style="list-style-type: none"> • Describir los elementos constitutivos del modelo e identificar de sus atributos. • Identificar de algunas concepciones acerca de los seres vivos. • Elaborar hipótesis acerca de lo que creen que le sucedió a la leche cuando tuvo contacto con los búlgaros. • Construir un primer modelo de la fermentación. 	2. Caracterización de los elementos que constituirán el modelo de la fermentación.	4. Caracterizar por escrito la leche y los búlgaros, así como el producto obtenido de su combinación.
				5. Realizar observaciones de <i>Lactobacilos sp.</i> al microscopio.
				6. Reconstruir el experimento por escrito de la combinación de la leche con los búlgaros con base en las preguntas: ¿qué tengo?, ¿qué hice? y ¿qué paso?
				7. Realizar un dibujo de lo que sugieren los alumnos que sucedió. Buscar coincidencias y discrepancias en cuanto a la última pregunta.
		<ul style="list-style-type: none"> • Confrontar el modelo elaborado, basado en el yogur, con nuevas situaciones. • Identificar semejanzas y diferencias entre los dispositivos de fermentación. • Complementar el primer 	3. Ampliación del modelo construido.	8. En equipo, se colocan cinco dispositivos: cáscaras de piña, azúcar y agua; tibicos, piloncillo y agua; levadura, harina y agua caliente; levadura, azúcar y agua caliente; manzana, agua y azúcar.
				9. Observación al microscopio de algunas muestras de algunos dispositivos.
				10. Describir brevemente lo que sucedió en cada dispositivo. Elaboración de una tabla de comparación entre los dispositivos,

	Contrastación entre los modelos de fermentación y respiración anaerobia de células musculares	modelo de fermentación.		componentes y productos, e identificación del elemento que realiza la fermentación. Los alumnos sugieren algunas relaciones entre los elementos del primer modelo.
		Introducir nuevas ideas para ampliar el modelo construido acerca de la fermentación. Construir un modelo acerca de la respiración celular anaerobia en células musculares del cuerpo humano	4. Ampliación del modelo construido.	11. Observación de un video acerca de la respiración anaerobia en células musculares humanas. Tratar de que los alumnos identifiquen los elementos de los cuales están hablando, así como las relaciones que se establecen entre ellos, mediante un dibujo y redactando un pequeño párrafo en el que establezcan los elementos y las relaciones. Comparar el nuevo dibujo con el que elaboraron en la sesión 3.
Cierre	Explorar las ideas de los educandos acerca de la respiración anaerobia después de la modelización.	Conocer las ideas del alumnado acerca de la respiración anaerobia con base en el proceso de modelización que se realizó.	5. Aplicación del modelo construido a otras situaciones.	12. Solicitar a los alumnos leer individualmente un texto pequeño acerca de la relación del ser humano con los alimentos fermentados a través del tiempo, y pedirles que seleccionen uno de los alimentos referidos en el texto para explicar el proceso, que en su opinión, se pudo llevar a cabo para la elaboración del producto fermentado. Además, también se presenta la situación hipotética de unos bailarines, los cuales ensayan sus rutinas durante mucho tiempo. A partir de ello se solicita al alumno que explique lo que les puede suceder a estos jóvenes, considerando para ello lo trabajado en las sesiones. Resolver en forma individual el primer

				cuestionario.
--	--	--	--	---------------

3.4 Descripción de las sesiones de trabajo

Con la intención de hacer clara la comprensión de la estrategia diáctica aplicada en el grupo de 1 “E” de la secundaria “CANADA” turno vespertino en este apartado se describe cada una de las sesiones.

Sesión 1. Exploración de concepciones alternativas acerca de la respiración

Propósito:

- Identificar las concepciones alternativas de los alumnos acerca del proceso de respiración (tipo de gases que entran y salen del cuerpo en la respiración, la posibilidad de que algunos seres vivos realicen el proceso de respiración sin oxígeno, y la función de éste durante el proceso, así como lo que los alumnos entienden por la palabra *fermentación*).

Material: hojas de trabajo (Anexos 1 y 3), hojas de rotafolio, plumones y cronómetro.

La sesión se inicia con una breve presentación de quién trabajará con el grupo durante dos semanas. Se menciona que la realización de las actividades requiere la participación de todos y que una convivencia adecuada exige construir un reglamento interno. Por estas razones, se solicita a los alumnos que expresen algunas ideas al respecto, las cuales se anotan en el pizarrón y los escolares las escriben en sus cuadernos.

Enseguida, se solicita a los alumnos contestar en forma individual el cuestionario (Anexo 1). Si es necesario, se leen las preguntas en voz alta y se explica con

detalle a que se refiere cada una. Se destina el resto de la clase para que los alumnos lo contesten.

En la siguiente clase se solicita a los alumnos que formen cuatro equipos de dos personas y que pasen al frente. Una vez formadas las binas, se pide a los alumnos que uno de los integrantes localice, en la muñeca, el pulso sanguíneo de su compañero y registre las pulsaciones que se suceden en quince segundos (T_0), así como las inhalaciones que realiza el compañero en el mismo tiempo (FR_0). Posteriormente, se solicita al mismo alumno que trote durante un minuto y medio, y al concluir su compañero de bina volverá a localizar el pulso sanguíneo, registra las pulsaciones durante quince segundos (T_1) y cuenta las inhalaciones que lleva a cabo el compañero en el mismo tiempo (FR_1). Los resultados de las binas se registran en una tabla (Anexo 2) dibujada en el pizarrón. Con base en los resultados, se pregunta a los alumnos:

- ¿Qué notan en los datos del pizarrón?
- ¿Qué creen que está sucediendo?
- ¿Por qué creen que se elevan el pulso y la frecuencia respiratoria?
- ¿Cuáles podrían ser las causas de esto?
- ¿Podríamos hacer cualquier actividad sin respirar? ¿Por qué?

Las respuestas se concentran en hojas de rotafolio.

Enseguida, se entrega a los alumnos el dibujo del cuerpo humano (Anexo 3) y se les pide que dibujen, individualmente, el recorrido del oxígeno en el cuerpo. Con base en sus respuestas (sistemas, órganos, células), se les pregunta a los alumnos: ¿Para qué utilizan el oxígeno los sistemas, los órganos y las células? Luego se les cuestiona acerca de lo siguiente:

- ¿Existiría la posibilidad de que el ser humano pudiera vivir sin oxígeno? Sí • No •
¿Por qué?

- ¿Algunos seres vivos podrían vivir sin oxígeno? Sí • ¿Cuáles? • No • ¿Por qué?

Las respuestas se registrarán en hojas de rotafolio.

Sesión 2. Caracterización de los elementos que constituirán el modelo de la fermentación láctica

Propósitos:

- Describir los elementos constitutivos del modelo –ser vivo, alimento y producto– e identificar sus atributos.
- Identificar algunas ideas acerca del modelo de ser vivo que tienen las y los estudiantes.
- Elaborar hipótesis acerca de lo que los alumnos creen que le sucedió a la leche cuando los búlgaros entraron en contacto con ella.
- Construir un primer modelo acerca de la fermentación láctica.

Material: hojas de trabajo (Anexo 4), matraz Erlenmeyer de 125 ml, tapones para matraz, microscopio, porta y cubreobjetos, solución de azul de metileno, papel pH, goteros, agua para beber, pizeta, búlgaros, leche.

Se les presenta a los alumnos los búlgaros y la leche, y se les pide que en equipos describan algunas de sus características. En cuanto a la leche, se solicita que midan el pH; esto les permitirá, en una sesión posterior, identificar la diferencia de pH en el yogur. Respecto a los búlgaros, se pide a los escolares que describan el color, la forma, el lugar dónde los pueden encontrar.. Las descripciones se registran, individualmente(Anexo 4). Enseguida, se mezcla los búlgaros con la leche en un matraz Erlenmeyer, se tapa y se deja reposar un día.

Al siguiente día, en clase de laboratorio, los alumnos en equipos toman muestras de yogur y las fijan de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Tomar una muestra del yogur con un gotero; debe ser pequeña, esparcirla en el portaobjetos y se dejar secar unos minutos.
- Una vez seca, a la muestra se le deja caer agua potable con ayuda de la pizeta, y en la tarja del laboratorio. El objetivo es arrastrar con el agua los elementos sólidos que pudieran distorsionar la observación de *Lactobacilos sp.* Esperar unos minutos a que se seque la muestra.
- Aplicar azul de metileno con un gotero (una gota pequeña) y dejar secar al aire, entre 2 y 3 minutos.
- Colocar el cubreobjetos y observar al microscopio. Primero a 10x y después a 40x.
- Registrar sus observaciones (Anexo 4), donde se registraron los atributos de la leche y los búlgaros.

Con base en las observaciones en el microscopio de los *Lactobacilos sp.* y la descripción de los búlgaros y la leche, se solicita a los alumnos reconstruir, en forma escrita e individualmente, lo que hicieron atendiendo tres preguntas: ¿qué tengo?, ¿qué hice? y ¿qué pasó? Las respuestas se registran en el anexo 4. Tomando como punto de partida las respuestas, se discute en plenaria en cuáles elementos coinciden los alumnos, así como aquellos que se omitieron y pudieran ser importantes para la construcción del modelo de fermentación. Se busca consensar los elementos que deben considerarse en la construcción del modelo, así como algunas de las posibles relaciones que se establecen entre sus componentes.

Sesión 3. Ampliación del modelo construido

Propósitos:

- Confrontar el modelo que se ha elaborado del yogur con otras situaciones de fermentación.
- Identificar semejanzas y diferencias entre los dispositivos de fermentación.
- Complementar el primer modelo del fenómeno de la fermentación.

Material: hojas de trabajo (Anexos 5, 7, 8 y 9), matraces Erlenmeyer de 125 ml, tapones para matraces, microscopio, porta y cubreobjetos, pizeta, goteros, azul de metileno, papel pH, tibicos, cáscara de piña, levadura para pan, manzana (en trozos), agua potable tibia, harina de trigo, azúcar y piloncillo,

Se organiza a los alumnos en cinco equipos y cada uno de éstos realiza un dispositivo. Las y los estudiantes proceden como en la sesión 2. Primero identifican los elementos del modelo, describen brevemente sus atributos (Anexo 5), y luego los mezclan en un matraz Erlenmeyer y lo dejan reposar entre uno y dos días. Esto depende del día en que se realiza la actividad (un día si es entre semana, y dos días si se trabaja en viernes).

Una vez transcurrido el tiempo de reposo, los escolares hacen observaciones mediante el microscopio, siguiendo el procedimiento de la sesión 2, para identificar los microorganismos presentes en los dispositivos.

Los dispositivos con que se trabaja son los siguientes:

1. Harina, levadura y agua tibia
2. Piña, azúcar y agua
3. Azúcar, levadura y agua tibia
4. Piloncillo, tibicos y agua
5. Manzana, azúcar y agua

El grupo elabora una tabla (Anexo 6) en la cual se comparan los dispositivos --- elementos de inicio y resultados de su combinación- con el yogur, y al respecto se pregunta al alumnado:

- ¿Los resultados son los mismos en cada dispositivo?
- ¿En qué son diferentes?

- ¿Podríamos relacionar lo ocurrido con la leche y los búlgaros con los dispositivos presentados? Sí • No • ¿Por qué?
- ¿Cuál es el elemento fundamental, en el dispositivo, que se parece al caso de los búlgaros y la leche?
- ¿Recuerdas que en el caso del yogur los búlgaros realizaban la fermentación? En tu dispositivo, ¿qué elemento realiza este proceso?

Las respuestas a las preguntas se registran (Anexo 7). Con base en las respuestas y en la tabla de comparación entre los dispositivos (Anexo 6), en plenaria se consensan las respuestas. Luego, se solicita a cada alumno que, según el dispositivo con que haya trabajado, imagine y dibuje qué cree que hace el elemento fermentador de la mezcla con el resto de los elementos. Esto se registra (Anexo 8). En plenaria se proponen algunos de los esquemas que elaboraron las y los estudiantes, y en grupo se analizan las relaciones que establecen entre los elementos, con la intención de consensar éstos y las relaciones que se establecen en el modelo. Enseguida, se pide a los escolares que reflexionen acerca de:

- ¿Qué limitaciones tiene el modelo planteado para la fermentación?, es decir, ¿bajo qué circunstancias el modelo no podría explicar el fenómeno de la fermentación?

Las respuestas se registran en el anexo 9.

Sesión 4. Ampliación del modelo construido

Propósitos:

- Introducir nuevas ideas para ampliar el modelo construido acerca de la respiración celular anaerobia.

- Construir un modelo (tercero) acerca de la respiración celular anaerobia de las células musculares del cuerpo humano.

Material: hojas de trabajo (anexos 8 y 10), computadora, cañón, video (en formato compatible con los programas disponibles en la computadora), bocinas.

Se retoma el modelo que los alumnos consensaron en la sesión anterior y con base en él se les pregunta acerca de:

- ¿Creen que en el ser humano se pueda dar la fermentación? Sí • No • ¿Por qué?

Las respuestas de grupo se resumen en hojas de rotafolio y se deja a la vista de los alumnos. Enseguida se observa un video acerca de la respiración anaerobia en células musculares del cuerpo humano. El video se localiza en la siguiente dirección electrónica:

http://www.skool.es/content/ks4/biology/breathing_respiration/anaerobic_respiration/launch.html

El video dura, aproximadamente, un minuto y treinta y nueve segundos, y proporciona información general de la respiración celular anaerobia en cuanto a reacciones químicas, reactivos y productos. Enseguida se pide al estudiantado que identifique los elementos y las relaciones entre éstos. Se solicita a los alumnos que lo representen mediante un dibujo y una pequeña descripción escrita, la cual se registra en el anexo 10.

A continuación, se compara el nuevo dibujo con el esquema generado en la sesión 3 (Anexo 8) y se pregunta al alumnado acerca de las diferencias y semejanzas entre los esquemas, con la intención de que ambos fenómenos sean enmarcados en la respiración celular anaerobia.

Sesión 5. Aplicación del modelo construido a otras situaciones

Propósito:

- Conocer las ideas de los educandos acerca de la respiración celular anaerobia con base en el proceso de modelización que realizaron.

Material: hojas de trabajo (Anexos 11 y 12).

Se pide al alumnado que lea el fragmento de un texto (Anexo 11) obtenido de la siguiente página electrónica:

<http://sepiensa.org.mx/contenidos/fermentaciones/alimentos/fermenta2.htm>

El texto describe algunos beneficios de los productos fermentados y hace un pequeño recuento histórico de algunas bebidas fermentadas. Con base en la información y en el trabajo realizado en las sesiones, se solicita al alumnado que seleccionen uno de los alimentos referidos en el texto o bien en las figuras incluidas y que expliquen el proceso que, en su opinión, se lleva a cabo para elaborarlo. Las respuestas se registran en el (Anexo 11).

Después del ejercicio anterior, al alumnado se le plantea una situación hipotética: unos jóvenes bailarines se han dedicado, sin descanso, a ensayar sus rutinas durante un largo periodo. Enseguida, se les pregunta a los escolares qué creen que les podría suceder a los jóvenes; sus respuestas se registran (Anexo 12).

En resumen se trata de planificar y secuenciar una serie de actividades en las que ocurran cosas y, donde el estudiantado exprese su opinión y la discuta en sus propios términos, es decir, utilizando sus propias palabras, todo ello con la intención de construir un modelo escolar que pueda ayudarlos a explicarse el fenómeno de la fermentación.

Capítulo 4. Análisis de resultados

El siguiente análisis se refiere a la reconstrucción de los modelos escolares de respiración aerobia y anaerobia que los estudiantes presentan durante las actividades diseñadas en la estrategia didáctica propuesta con la intención de modelizar el fenómeno de la respiración. Así, el análisis se divide en tres apartados, los cuales se vinculan con el desarrollo de la estrategia mencionada; el primero se refiere a las concepciones previas de las y los estudiantes con respecto al proceso de respiración. El segundo, a la descripción de cómo los alumnos identifican los elementos del modelo o modelos que han construido y los atributos de cada uno, así como las relaciones que establecen entre ellos. Y en el tercero se determinan los modelos que han alcanzado los alumnos en comparación con el modelo intermedio escolar de la respiración celular anaerobia, el cual se propusieron alcanzar los estudiantes al diseñar cómo habría de llevarse a cabo la estrategia didáctica.

4.1 Concepciones alternativas y el modelo de respiración subyacente

La identificación de las concepciones alternativas acerca del proceso de respiración se basó en dos propósitos: uno, evaluar las concepciones alternativas en términos de lo que informa la literatura especializada, y dos, considerarlas un insumo para que los alumnos construyan los modelos. En consecuencia, se empleó un cuestionario (Anexo 1). Algunas preguntas exploran el tipo de sustancias que entran cuerpo al respirar (inspiración), las que se expulsan de éste (expiración) y la utilización del oxígeno durante este proceso.

La tabla 4 presenta el número de estudiantes que optaron por un tipo de respuesta relacionada con la fase de inspiración.

Tabla 4. Respuestas de las y los estudiantes con respecto a las sustancias que entran al sistema respiratorio a través del proceso de inspiración		
Pregunta	Categoría de respuesta	Número de alumnas y alumnos
¿Qué contiene el aire que respiramos?	Sólo aire.	
	Gases (como oxígeno y dióxido de carbono).	22/26
	Gases (como nitrógeno y oxígeno) y microorganismos.	3/26
	Gases (como aire y nitrógeno), polvo y microorganismos.	1/26
¿Qué otras sustancias crees que están contenidas en el aire que respiramos?	Gases (dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, aire y azufre).	9/26
	Otras sustancias (polvo, contaminación, sustancias tóxicas, carbono).	16/26
	Microorganismos	9/26
	Virus	1/26
	Agua	2/26
	No sé.	2/26

Como puede observarse en la tabla 2, es evidente que los alumnos consideran el aire como una mezcla en la que no sólo se encuentran gases –oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno–, sino también microorganismos y polvo. Esto lo refuerzan los alumnos cuando se les solicita que señalen otros componentes del aire y tratan de especificar un poco más su composición al mencionar sustancias como azufre, agua y carbono.

En lo que se refiere a las sustancias que se expulsan como consecuencia del proceso de respiración los resultados son sistematizados en la tabla 5.

Tabla 5. Respuestas de las y los estudiantes con respecto a las sustancias, microorganismos y virus que se expulsan del cuerpo como consecuencia del proceso de respiración.		
Pregunta	Categoría de respuesta	Número de alumnas y alumnos
¿Qué sustancias expulsamos de nuestro cuerpo cuando respiramos?	Gases (dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, azufre, aire).	20/26 CO ₂ (13/26); O (9/26); N (7/26); S (1/26) Aire (1/26)
	Vapor de agua.	1/26
	Microorganismos, bacterias y microbios.	8/26
	Polvo	2/26
	Sin respuesta	2/26

En la tabla 5 se observa que la mayoría de los alumnos señala varios gases como producto de la exhalación. Entre ellos se tiene al dióxido de carbono (13/26), seguido del oxígeno (9/26), el cual Stavy, R., Eisen, Y. & Yaakobi, D. (1987) refieren como una concepción alternativa; sin embargo, también se evidencia que los alumnos están confundidos en cuanto al papel del dióxido de carbono y el oxígeno durante el proceso de respiración, dado que ambos se consideran en los procesos de inspiración y expiración. En cuanto al nitrógeno, se ignora cuál es la relación que las y los estudiantes establecen, pero se considera que podría deberse a una confusión en términos del lenguaje con respecto a las palabras hidrógeno y nitrógeno.

También llama la atención que los alumnos refieran en escasa proporción (1/26) el vapor de agua, sobre todo porque la aplicación de la estrategia se realizó casi tres semanas después de que el profesor abordara en clase el subtema 2.2 (“Comparación entre la respiración aerobia y anaerobia”), el cual aborda las diferencias entre la respiraciones aerobia y anaerobia, relacionándolas con los seres vivos que las llevan a cabo, las características de algunos ambientes donde

se desarrollan los organismos anaerobios, y la fermentación como un proceso previo al descubrimiento de la respiración anaerobia.

En lo referente a la utilización del oxígeno en el proceso de respiración, la tabla 6 resume las respuestas del estudiantado.

Tabla 6 Respuesta de las y los estudiantes en relación con la participación del oxígeno en el proceso de respiración		
Pregunta	Categoría de respuesta	Número de alumnas y alumnos
¿Para qué utilizamos el oxígeno que respiramos?	Condición de vida.	18/26
	Limpieza del organismo.	3/26
	Como energía para las células.	1/26
	Para oxigenar las células.	2/26
	Sin respuesta.	2/26

Estas respuestas –que proceden del primer cuestionario de la estrategia didáctica desplegada (Anexo 1)– y, según Tamayo, et al. (2008), las concepciones alternativas de atribuirle a la respiración una función de limpieza del organismo (9/26, tabla 5) –en particular al oxígeno (3/26, tabla6)–, así como considerar al oxígeno una fuente de energía para las células (1/26, tabla6), son indicadores de que los alumnos tienen un modelo vitalista de la respiración. Esto se debe a que atribuyen al proceso de respiración funciones de purificación y limpieza en el organismo o en algunos órganos, las cuales no plantean relaciones con la nutrición y mucho menos se vinculan con el proceso a nivel celular. Este hecho lo revelan las expresiones de los alumnos en torno al para qué se utiliza el oxígeno en la respiración: “para respirar y purificar los pulmones”; “para poder vivir, para que llegue a los pulmones y se lleve lo que tenemos dentro como el polvo”; “para que nuestro cuerpo pueda vivir y nos entre oxígeno al corazón”.

En la tabla 6 también se observa que la mayoría de los alumnos atribuye al oxígeno la condición de vida (18/26). Al respecto mencionan frases como: “para

vivir”, “para tener en funcionamiento nuestro organismo”, “para que funcionen los pulmones”, las cuales, según Tamayo et al. (2008), se relacionan con un modelo teleológico de la respiración; donde ésta es vista como una condición necesaria e inherente a los seres vivos, sin profundizar en ideas que den cuenta del proceso que se lleva a cabo.

Empero, algunos estudiantes mencionan ideas como “oxigenar a nivel celular” (2/26, tabla6), aunque la concepción no concuerda con el conocimiento científico, entraña una posible aproximación a pensar en la respiración como un proceso a nivel celular, lo cual resulta importante para sentar las bases de un modelo diferente al vitalista y al teleológico.

Ahora bien, otro instrumento con que se evidenciaron las concepciones alternativas de los alumnos con respecto al proceso de respiración en los humanos fue un dibujo; en él se les solicitó trazar el recorrido del aire en el cuerpo humano (Anexo 3). Con base en ello, se detectó que las y los estudiantes consideran como órganos fundamentales los pulmones (11/26), y si esto se vincula con los resultados resumidos en las tablas 4, 5y6, puede afirmarse que los alumnos también expresan un modelo de intercambio de gases (Tamayo, 2003; Tamayo, et al., 2008). Al visualizar la respiración como la entrada de aire, principalmente oxígeno y dióxido de carbono, a los pulmones y la expulsión de estos mismos gases como producto de dicho proceso, Stavy, Eisen y Yaakobi (1987) obtuvieron resultados similares.

Es importante mencionar que el alumnado realizó y entregó pocos dibujos (11/27) acerca del recorrido del oxígeno en el cuerpo humano. La causa fue que durante la sesión de trabajo los alumnos no lograron terminar; por lo tanto, la actividad se quedó de tarea, la cual muy pocos entregaron posteriormente, a pesar de que se les solicitó en varias ocasiones.

Huerta Aula Luce Angob, Daniela

ACTIVIDAD 3

Dibuja el camino que sigue el aire en el cuerpo humano, cuando respiramos.

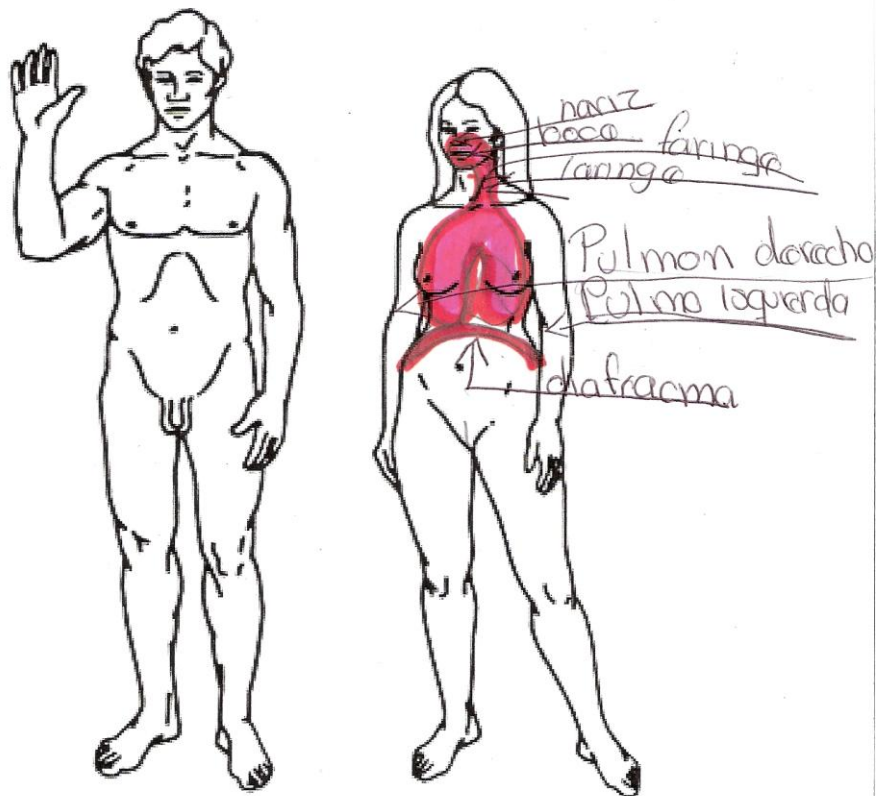


Figura 1. Dibujo de una alumna en el que se evidencia el modelo de intercambio de gase, ya que se presenta órganos del aparato respiratorio sin establecer conexión con otros sistemas del cuerpo.

Conviene mencionar que de acuerdo con Núñez y Banet (1996), este modelo de intercambio de gases –como suele presentarse– es un modelo no-relacionado,

debido a que alumnos y alumnas no identifican la respiración como un proceso celular y por ende no establecen su relación con la sangre y la nutrición (figura1).

En general, considero que, a partir de las concepciones alternativas de los alumnos, en el grupo se presentan tres modelos del proceso de respiración: el vitalista, el teleológico y el de intercambio de gases (Tamayo, et al., 2008). Esto dificulta tratar el contenido de respiración anaerobia, dado que ésta se realiza a nivel celular. Sin embargo, algunos estudiantes mencionan ideas relacionadas con la oxigenación celular (2/26, tabla 6), que aunque no concuerdan con el conocimiento científico, implica una aproximación a pensar en la respiración en el nivel celular, lo cual tal vez ayude a sentar las bases de un modelo diferente a los usuales entre el alumnado.

Ahora bien, dado que el proceso que se trabaja en la estrategia didáctica es la respiración anaerobia, en el cuestionario inicial (Anexo 1) se pregunta a las y los estudiantes si conocen algún ser vivo que sea capaz de realizar el proceso de respiración sin la participación del oxígeno, y al respecto se tiene lo que resume el tabla 7.

Tabla 7. Respuesta de las y los jóvenes acerca de la posibilidad de que se lleve a cabo el proceso de respiración en ausencia de oxígeno		
Pregunta	Categorías	Porcentaje de alumnos
¿Conoces algún ser vivo que sea capaz de realizar la respiración sin oxígeno?	Los seres vivos no pueden vivir sin oxígeno.	18/25
	Existen seres vivos que pueden vivir sin oxígeno.	7/25

En la tabla 7 se observa que 7/25 de los estudiantes considera posible que el proceso de respiración se realice sin oxígeno. En contraste, 18/25 no lo refiere así (tabla7). En este sentido, es evidente la prevalencia del modelo teleológico (Tamayo, et al., 2008) entre los alumnos, pues señalan que la vida no podría

existir sin la presencia del oxígeno: “sin oxígeno nos moriríamos”, “porque todo ser vivo necesita oxígeno para vivir”.

Por otro lado, los alumnos que sí consideran posible el proceso de respiración sin la presencia del oxígeno, refieren organismos como las plantas y los animales acuáticos (peces y moluscos) (Seymor, J. y Longden, B., 1991). Esto se reforzó mediante la discusión que organizó la profesora con la intención de que dos estudiantes expresaran sus ideas y con base en ellas resolvieran la duda acerca de si los peces son anaerobios o aerobios.

Profesora: ¿Qué significa la palabra *anaerobio*?

Alumna 1: Que no utilizan aire para vivir, por lo que los peces son anaerobios pues no respiran aire.

Profesora: ¿Y qué contiene el aire?

Alumna 2: Oxígeno.

Profesora: ¿Y en el agua habrá oxígeno?

Alumnas 1: Sí, pero este oxígeno no está en forma de gas, por lo tanto no pueden utilizarlo los peces, , son anaerobios.

Este diálogo permite deducir dos cuestiones:

- Algunas concepciones alternativas del alumnado se basan en la percepción –pues no conciben la presencia de oxígeno gaseoso disuelto en el agua, es decir, no imaginan la presencia de un gas en un medio líquido– y tienen una estructura lógica y causal que –como lo señalan Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1986)– posibilita al alumno interpretar una situación determinada en función de causas únicas, lo cual le dificulta relacionar varios elementos simultáneos que podrían explicar el fenómeno en términos más cercanos a los científicos. En el diálogo, las alumnas señalan como causa el hecho de que el oxígeno no está en estado gaseoso; por lo tanto, deducen que los peces son capaces de realizar el proceso de respiración sin la intervención del oxígeno, es decir, que su respiración es anaerobia.

- Considerar la respiración desde el nivel celular –lo que al parecer no hacen los alumnos– y en consecuencia continúan considerando el proceso de respiración únicamente como un intercambio de gases.

En clase se retomó la respiración como el proceso que se trabajaría y se preguntó al grupo si conocían seres vivos que no utilizaran oxígeno para realizarlo, y los alumnos mencionaron como ejemplos plantas, moluscos, lombrices, hongos y bacterias. Cabe mencionar que ningún alumno cuestionó esta idea, a pesar de que en el cuestionario inicial la mayoría de los alumnos(18/25) señaló que era imposible la vida sin la presencia del oxígeno.

Es evidente que los alumnos identifican el nivel macroscópico del proceso de respiración, y tal vez también el pulmonar. Sin embargo, algunos ofrecen ejemplos de seres vivos (bacterias y hongos) que podrían estar encaminados a imaginar el proceso en niveles más pequeños, incluso el celular.

4.2 Construcción de los elementos del modelo, sus atributos y relaciones entre ellos

El fenómeno empleado para la identificación de los elementos del modelo fue la fermentación láctica. Para tanto, se solicitó a los alumnos que describieran las características de los búlgaros y la leche. En tabla 8 se presentan sus ideas.

Tabla 8. Atributos de la leche y los búlgaros que las y los estudiantes señalan como importantes	
Atributos de la leche	Atributos de los búlgaros
Color: como amarillo, blanca.	Color: blanco, entre amarillo y blanco.
Olor: no tiene, dulce, a veces dulce, desagradable.	Olor: mal olor, a vinagre, a vómito, leche podrida, vinagre con engrudo, leche cortada.
Consistencia: líquida, medio líquida, aguada.	Consistencia: viscosa, babosa, pegajosa, suave, esponjosa, resbalosa, húmeda.

pH: 7, 6, sus ácidos están en un nivel neutro.	Forma: gelatinosa, chiquitos, parecen arroz inflado, prototipo de gusano, de algodón.
Sabor: rico, como dulce.	Otros: se forman con la leche, si los exprimes sale un líquido, son semillas para hacer yogur.
Otros: tiene vitaminas, sale de la vaca, contiene proteínas, vitaminas, calcio, hierro y colina.	

Como puede apreciarse, la mayoría de los atributos asignados a cada uno de los elementos –leche y búlgaros– está en función de la percepción de los alumnos, así como de la información que tienen al respecto. En cuanto a la leche destacan dos puntos: el pH y las características no visibles en el momento. En lo referente al pH, se debió a que se proporcionó a los alumnos papel pH y se les enseñó a usarlo, con la intención de que identificaran su cambio en otro alimento (yogur). Respecto a las características, los alumnos mencionan argumentos sin vínculos con la percepción, como: “tiene vitaminas”, “sale de la vaca”, “contiene proteínas, vitaminas, calcio, hierro y colina”, lo que tal vez se base en la familiaridad de los alumnos con este alimento y en la publicidad respecto a su contenido nutrimental.

Sin embargo, en el caso de los búlgaros los atributos se limitan al aspecto perceptivo, y no señalan atributos funcionales de los seres vivos. Esto tal vez se deba a que los bacilos no son organismos macroscópicos, cuyas características podrían identificarse con cierta facilidad, como lo señalan Mondelo, A., García, S. y Martínez, C., (1994). Se supuso que al observar estos organismos al microscopio los alumnos podrían referir características de los seres vivos. Sin embargo, en la práctica, se presentaron dos dificultades: 1. Que el alumnado pensara que la bacteria era el búlgaro en su conjunto y no una colonia de bacterias; ello se deduce a partir de que varios alumnos y alumnas (11/24) mencionan en sus reportes que los búlgaros se deshacen al estar en contacto con la leche (figura 2).2. El estado del equipo de laboratorio; en particular, los microscopios de la escuela no reciben mantenimiento, lo que influye en su capacidad de resolución, así como en la limpieza de los objetivos, la toma, tinción y fijación de la muestra. En una etapa posterior, los alumnos pudieron identificar

las bacterias tanto en muestras al microscopio como en fotografías de sus propias muestras (figura 3).

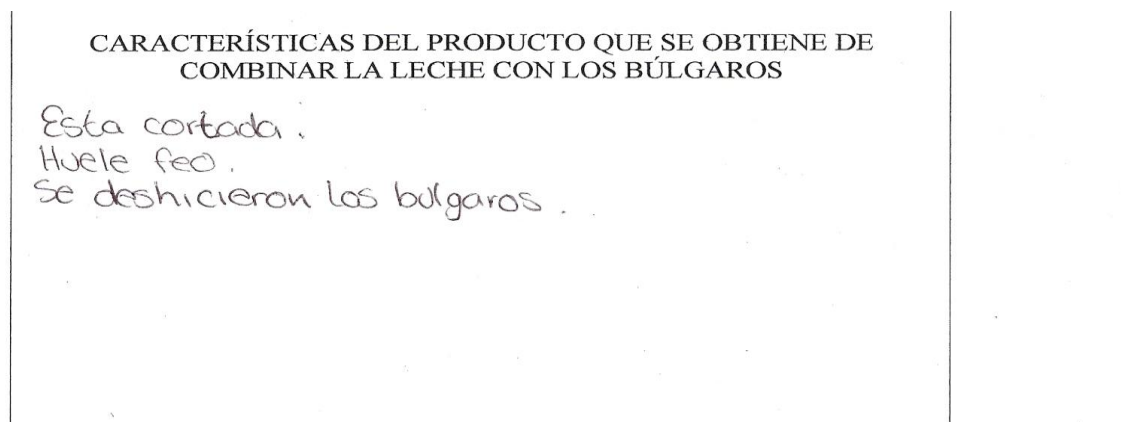


Figura 2. Algunas ideas de los alumnos con respecto a lo que sucede con la leche a partir de combinarla con los búlgaros. Se puede apreciar que el alumno refiere que los búlgaros se “deshicieron”.

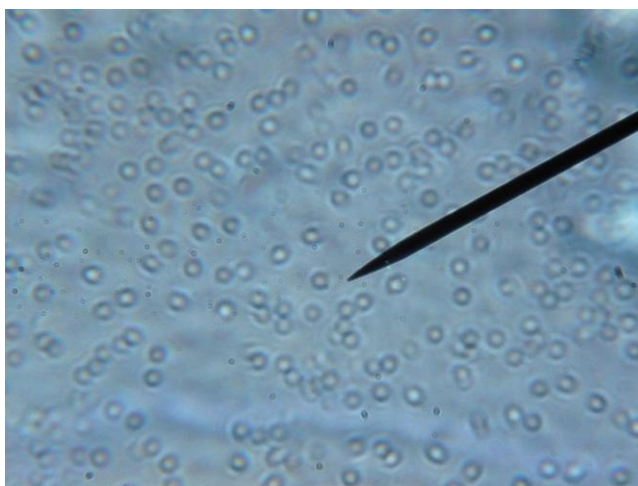


Figura 3. Fotografía de una muestra, que fijaron los alumnos, de *Lactobacilos sp.*, observada a 40x, es decir, la imagen de las bacterias es 400 veces su tamaño.

En la tabla 9 se resumen los atributos del producto, cuyo origen es la combinación de los búlgaros y la leche, que los alumnos buscan identificar.

Tabla 9. Atributos que las y los estudiantes identifican en el yogur producido por los búlgaros; como se puede observar, la mayoría refiere el nivel macroscópico		
Producto (yogur)	Categoría de la respuesta	Número de estudiantes

	Apariencia: con grumos, más espeso que la leche, leche cortada, parece nata	20/24
	Olor: podrido, descompuesto, suero de queso, feo	16/24
	Color: amarillo, crema, blanco	5/24
	Sabor: agrio	1/24
	Desechos: burbujas de aire	1/24
	Búlgaros se deshicieron	5/24

En la tabla 9 destacan dos cuestiones: 1. Los alumnos continúan refiriendo lo que observan a simple vista, aunque contaban con un instrumento de medición de la acidez (papel pH), pero no lo utilizan porque la profesora no lo indicó. 2. Una categoría de respuesta que puede ayudar a los alumnos a construir un modelo de respiración diferente al pulmonar es la presencia de un gas (1/24) –producto de la fermentación–, dado que éste puede relacionarse eventualmente con el proceso de respiración celular (nivel microscópico). No obstante, es importante guardar ciertas reservas al respecto, dado que esta apreciación no concuerda con el conocimiento científico, pues en la fermentación láctica no se libera CO₂ como producto de la respiración celular anaerobia debido a que el ácido láctico que se genera retiene los tres carbonos del ácido pirúvico.

Ahora bien, para la identificación escrita de los elementos que integran el modelo intermedio de respiración anaerobia que se trabaja, se solicitó a los alumnos que contestaran las preguntas: ¿Qué tengo?, ¿Qué hice? y ¿Qué pasó? (propuestas por Sanmartí, Izquierdo y Espinet, 1999) (tabla 10). Este ejercicio no sólo favoreció la identificación de los elementos del modelo, sino que además ayudó a vislumbrar algunas relaciones entre los elementos que podrían auxiliar a los alumnos en la construcción de un primer modelo acerca del fenómeno de la fermentación, el cual parte del proceso de digestión de los búlgaros. Es importante mencionar que en este primer momento no se hace explícita la relación con el modelo de intercambio

de gases, pues los alumnos aún no tienen elementos para relacionar la fermentación con un proceso de respiración.

Tabla 10. Respuestas de las y los estudiantes acerca del experimento de la fermentación láctica de los búlgaros*		
¿Qué tengo?	¿Qué hice?	¿Qué paso?
Búlgaros y leche (24/24)	Una mezcla con la leche y los búlgaros (24/24)	<ul style="list-style-type: none"> • Se cortó la leche (descompuso); olía a suero de queso (feo, descompuesto, desechos); sabor agrio; se hizo más espesa la leche; se formaron grumos (18/24). • Se hicieron bacterias (6/24) • Se deshicieron los búlgaros (11/24) • Tenía ácido (2/24). • Se observan dos capas, una amarilla y otra blanca; tomó un color amarillo (4/24). • Los búlgaros no se deshicieron (2/24). • La leche tenía burbujas (2/24).
<p>* Como se aprecia, los alumnos identifican los elementos del modelo (leche, búlgaros y yogur) y describen lo que sucede en términos de lo que observan, pero también en función de lo que se imaginan que sucede. De ello dan cuenta las respuestas: se hicieron bacterias; se deshicieron los búlgaros; tenía ácido.</p>		

En la tabla 10 se aprecian las características que el grupo señala como importantes. En las dos primeras preguntas hay un consenso de 100% en las respuestas de los alumnos, pero en la última esto no es así, ya que señalan, en mayor proporción, que “la leche se cortó”, “se hacen grumos” y “la leche se hizo más espesa”, que las otras características. Conviene mencionar que en la sesión plenaria diseñada para discutir, el grupo no señaló la presencia del gas –producto

de la fermentación–, por lo que la fermentación se identifica con un modelo de digestión atribuible a los búlgaros –pues sus excreciones forman “grumos”–.

4.3 Construcción de modelos en la respiración celular anaerobia

En este apartado se analizan los diferentes modelos logrados en el curso de las actividades. Por tanto, la exposición se divide en tres partes, que corresponden a los modelos que consiguieron las y los estudiantes.

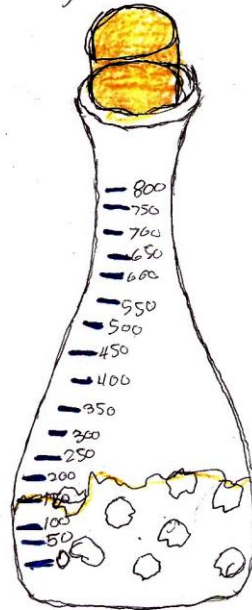
Modelo Ia

Este modelo, que las y los estudiantes pudieron haber construido, se basa en considerar el yogur como un producto de la digestión de los búlgaros (16/24), así lo refieren en sus respuestas al señalar que “la leche se cortó” (figura 4) y “se formaron grumos”..

De este se destacan dos ideas. La primera se refiere a concebir a los los búlgaros como organismos que se alimentan, cuyas excreciones cambian la consistencia de la leche, ello es una idea importante en el sentido de conferirle vida a algo que no tiene características antropomórficas. La segunda es que el alumno trata de explicarse la transformación de la leche porque se “deshicieron los búlgaros” y “se hicieron bacterias”, sin tratar de establecer una relación entre entre los búlgaros (colonia de *Lactobacilos sp.*) y la presencia de bacterias individuales (*Lactobacilos sp.*), las que observó al microscopio.

¿Qué crees que le sucedió a la leche una vez que entró en contacto con los búlgaros? Dibújalo y utiliza colores de acuerdo con tu observación.

Pues los búlgaros, al comerse la lechita, dejan el residuo tipo como nata, y eso hace que se corte la leche así como tipo yogur y olin así como yogur natural.



¿Qué tengo? n=

- leche
- búlgaros

¿Qué hice? n=

una mezcla de búlgaros con leche

¿Qué paso? p=

- se cortó la leche
- se hicieron bacterias
- tomó color amarillo
- se deshicieron los búlgaros

Figura 4. Ejemplo del modelo la que logró la mayoría del grupo de aplicación.

Cuando se le pregunta a un alumno que supone que hace el búlgaro con la leche el contesta que "los búlgaros absorben la leche y explotan". Lo anterior, me hace suponer que los alumnos no identifican a las bacterias -observadas al microscopio- como individuos en sí mismos sino como fragmentos de búlgaros. Ello denota la dificultad que presenta para el estudiantado pensar en seres vivos a nivel microscópico y atribuirles la función de respiración cuando esta no es evidente para los alumnos (Seymour and Longden, 1991).

Además, varios alumnos refieren que los desechos de los búlgaros le confieren a la leche las características resumidas en la tabla 8. Al respecto, un alumno comentó: “los búlgaros se comían la leche y los residuos que dejaban hacían la leche como espesa, olía como a yogur”. Esta idea evidencia que los alumnos señalan la digestión de los búlgaros como el principal factor de los cambios en la leche. Así, es factible considerar que las y los estudiantes identifican la nutrición como una característica de los seres vivos, que si bien no la explicitan como tal, sí tratan de encontrar evidencia de que está sucediendo cuando señalan los cambios de consistencia, color e incluso de pH que presenta el yogur en comparación con la leche.

Por otro lado, se sugiere que en las observaciones microscópicas se especifique con claridad el nivel celular en el cual se trabaja, con la intención de que los alumnos circunscriban sus explicaciones, relaciones o descripciones en términos del nivel microscópico de referencia, ya que muchas de sus ideas aún se relacionan con el nivel macroscópico.

Modelo Ib

Con la intención de que los alumnos reafirmaran la identificación de los elementos presentes en la fermentación, se diseñaron cinco dispositivos, los cuales se trabajaron en equipo. En cada dispositivo se fermentaron diferentes alimentos (piña, harina, manzana y azúcar) mediante bacterias o levaduras en un ambiente con poco oxígeno. Esto permitió construir un segundo modelo anclado en el proceso de digestión del ser vivo, que incorpora la descomposición del alimento que éste realiza y la participación del medio acuoso como el ambiente que favorece dicho proceso. Aparentemente, a este modelo accedió 5/21 de los alumnos (figura 5) y el resto del estudiantado se quedó en el primer modelo, puesto que en sus modelos persistía la idea de que el búlgaro se alimenta y el resultado de esa acción es el yogur.

En los equipos se observa que los alumnos identifican los tres elementos del modelo: ser vivo, alimento, producto (alimento fermentado); además, hacen explícito que el medio acuoso es importante para llevar a cabo el proceso y producir un gas (señalan que puede ser oxígeno o dióxido de carbono). Al igual

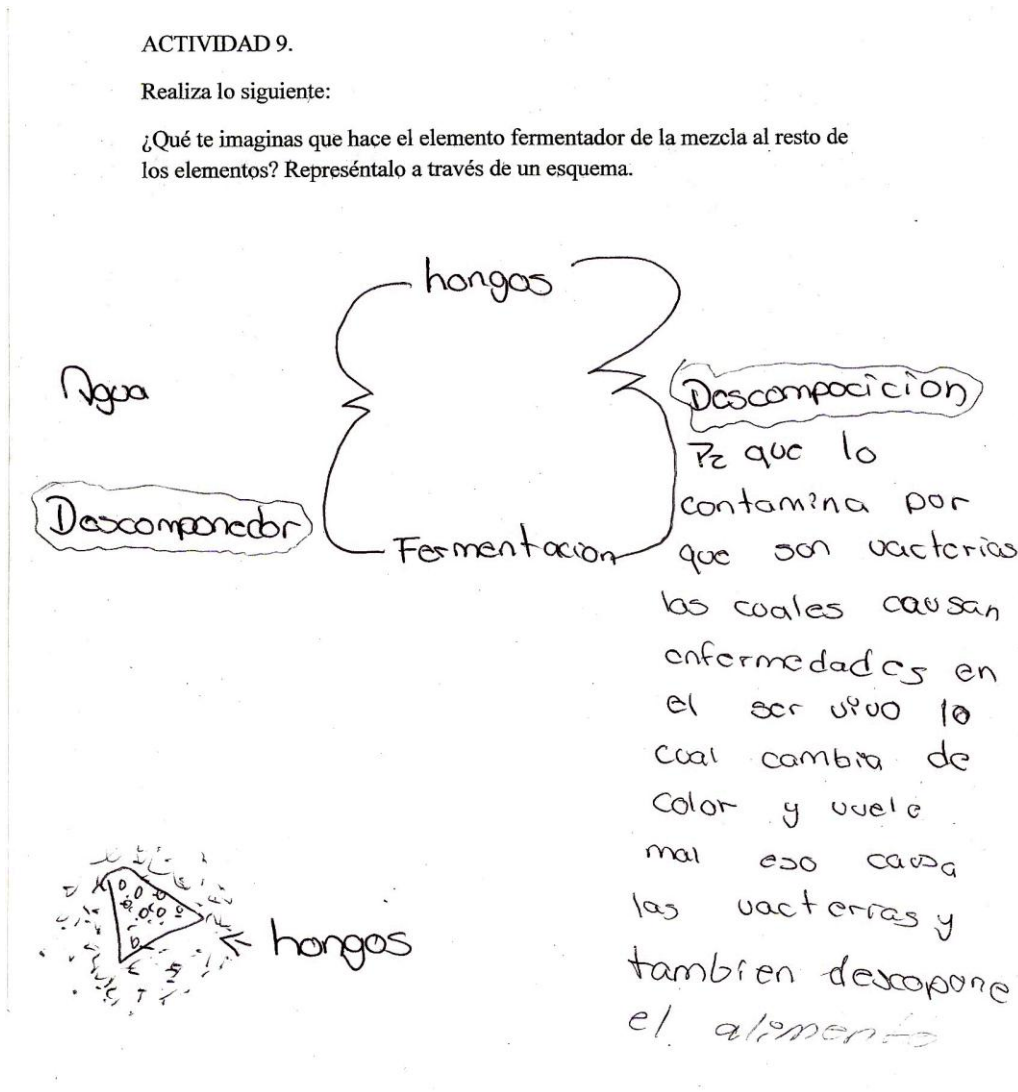


Figura 5. Modelo II basado en el dispositivo 3 (levadura, agua tibia y azúcar).

que con el yogur, se observaron al microscopio levaduras y bacterias, y en esta ocasión las pudieron identificar por sí mismos e hicieron dibujos al respecto. Esto tal vez fue posible debido a los antecedentes de observación realizados en sesiones anteriores.

Si bien los alumnos identificaron en cada uno de los dispositivos los mismos elementos (un ser vivo, un alimento y un producto), señalaron que la diferencia estaba en el producto y, por lo tanto, no podían comparar los dispositivos que cada equipo realizó. Esto sugiere que no observaban las generalidades, sino cuestiones particulares debido, tal vez, a dos cuestiones: 1. No tienen consolidado un modelo acerca del proceso de fermentación, y por ello no identifican que si bien los alimentos fermentados son diferentes, el proceso es el mismo; 2. Algunos de los dispositivos presentados favorecían la confusión entre los elementos; por ejemplo, en la fermentación de la manzana y la piña los alumnos no identificaron adecuadamente al ser vivo, de hecho atribuían a la fruta el proceso de fermentación, es decir, en estos casos la fruta se consideraba el ser vivo, y no así las bacterias, a pesar de que fueron observadas al microscopio. Este hecho indica que los alumnos no tienen consolidado el modelo de ser vivo. Además, continúan dando explicaciones a nivel macroscópico, lo cual apunta que los alumnos aún no acceden al pensamiento abstracto y condicional, el cual les permitiría brindar explicaciones en términos microscópicos.

Sin embargo, la mayoría de los equipos (tres de cinco) señala que se produce un gas, y en la sesión plenaria así lo refieren. En este sentido, la excreción del gas es un elemento que les permite establecer un vínculo con el proceso de respiración, de hecho algunos alumnos (dos o tres) señalan que este gas es dióxido de carbono, aunque otros (dos o tres) también lo refieren como oxígeno. Cabe mencionar que durante la actividad experimental, así como en la sesión de laboratorio, las y los estudiantes mostraron disposición para efectuar las actividades, e incluso se observaron expresiones de asombro al combinar las mezclas con la levadura, ya que estos dispositivos producían más gas en comparación con el resto de los experimentos (figura 6). En sus descripciones, los alumnos continúan refiriendo atributos macroscópicos de la fermentación, no tratan de establecer relaciones entre lo que observan y las acciones del microorganismo. Al respecto, Mondelo, García Barros y Martínez (1994) refieren que al abordar funciones vitales a nivel celular, como la nutrición y la respiración, se demanda de los alumnos

conocimientos relacionados con aspectos químicos, además de requerirse cierto nivel de abstracción para pasar del nivel macroscópico al nivel microscópico, es decir, de una “visión organismo” a

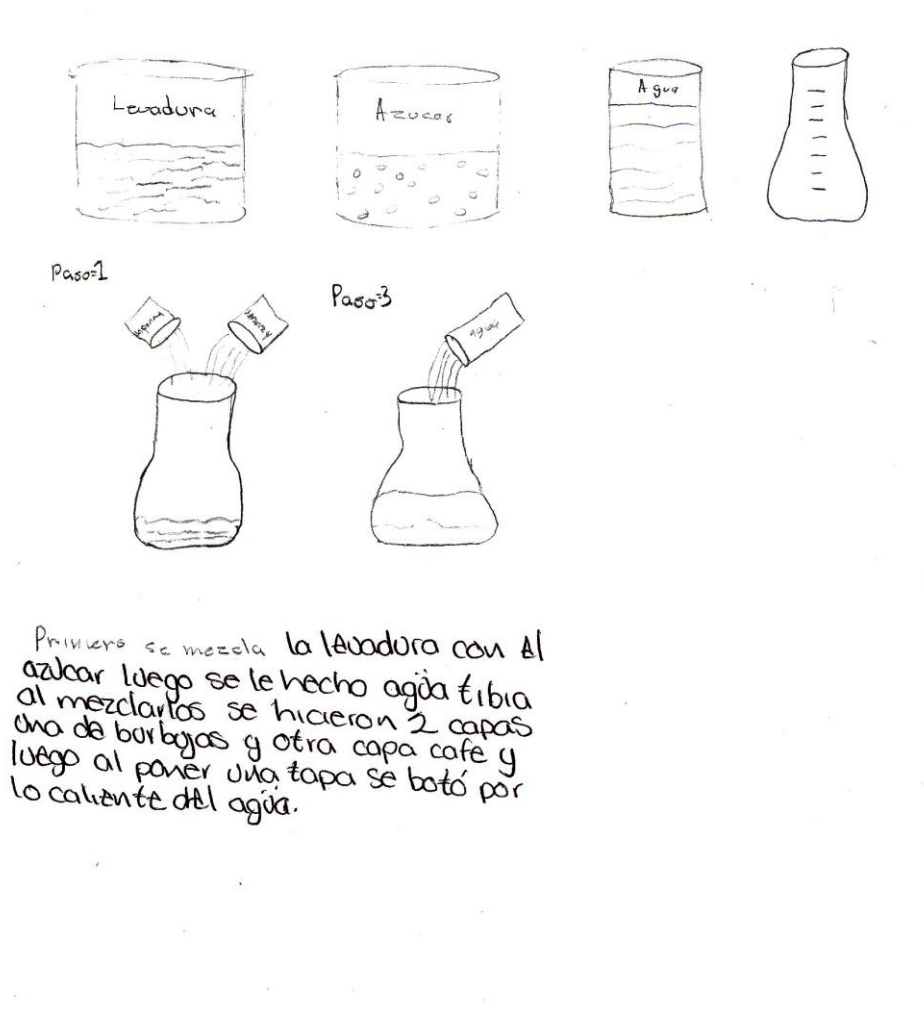


Figura 6. Descripción de uno de los alumnos acerca de lo que sucedió en el dispositivo 3 (levadura, agua tibia y azúcar).

una “visión de célula”, estructura en la que ocurre una serie de reacciones bioquímicas invisibles a simple vista.

El paso de la observación macroscópica a la interpretación en términos microscópicos es fundamental en la explicación del fenómeno de la respiración celular anaerobia, y requiere de una abstracción en la que se abandone el modelo de intercambio de gases por un modelo celular abstracto y representativo del

fenómeno de la fermentación. En este sentido, un modelo celular permitiría al alumno explicar y predecir otros fenómenos de fermentación, tomando como base el modelo de la fermentación láctica. Conviene mencionar al respecto que un equipo menciona que la fermentación se debe a la respiración de la levadura. Si esta idea se hubiese desarrollado pudiera haber contribuido en dos caminos. El primero sería visualizar la fermentación como un producto de la respiración celular de los seres vivos, y no tanto como un producto de la digestión de éstos. Y el segundo permitiría la búsqueda de relaciones entre la respiración a nivel celular y el modelo de intercambio de gases que los alumnos manifestaron al inicio de la estrategia, y con ello promover un cambio en el modelo de respiración hacia sus aspectos microscópicos. Sin embargo, en la sesión plenaria el equipo no refiere tal idea y se adhiere a las observaciones de las compañeras y los compañeros de grupo, las cuales continúan en el nivel macroscópico y considerando que la fermentación es un proceso de digestión del ser vivo, ya sea bacteria o levadura.

Ahora bien, en tres de los cinco equipos, los alumnos identifican al ser vivo como el elemento que lleva a cabo la fermentación, y en sus esquemas se sigue manteniendo la relación de digestión mencionada en un primer momento, agregando la descomposición del alimento a sus esquemas. En éstos se destaca que los alumnos consideran al ser vivo como el elemento que descompone el alimento (16/20), pero también identifican que un medio acuoso favorece dicha descomposición (8/20) (figura 7).

Si bien los alumnos en sesión plenaria señalaron la presencia de un gas, el cual podría vincularse con la respiración, en sus esquemas no lo refieren. Esto pudo deberse a que continuaban señalando cuestiones macroscópicas, mientras que la presencia del gas no se advierte y por lo tanto los alumnos lo consideran como

Medina García Aldo Mar 1º E'

ACTIVIDAD 9.

Realiza lo siguiente:

¿Qué te imaginas que hace el elemento fermentador de la mezcla al resto de los elementos? Representalo a través de un esquema.

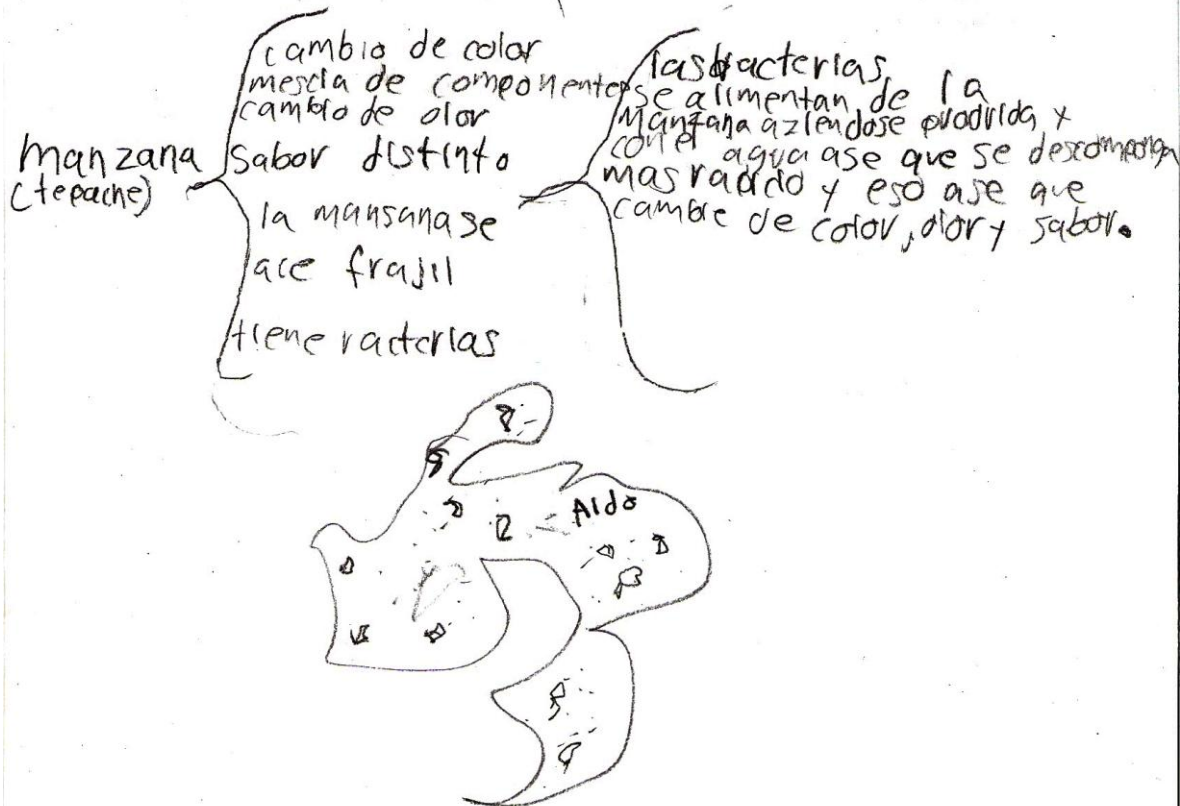


Figura 7. En este esquema el alumno adjudica a la bacteria y al agua el proceso de descomposición de la manzana.

algo inmaterial, algo no evidente. Según Mondelo, García Barros y Martínez (1994), considerar la materialidad de un gas no es fácil para los alumnos, e incluso consideran que esto podría deberse al tipo de gas en particular que se esté abordando: “ya que se ha observado una tendencia a considerar más la materialidad del butano que la del aire”. En este sentido, se piensa que el hecho de no identificar el gas en su momento mediante características observables (color

y olor, entre otras), repercutió en que no se consideró en el modelo y se continuó basándolo en el proceso de digestión de los microorganismos.

Modelo II

Con la idea de ampliar el modelo inicial hacia otras situaciones, se utilizó un video de animación –con duración de un minuto con treinta y seis segundos– donde se representó el proceso de respiración celular anaerobia en las células musculares.

En el video se presenta una animación del cuerpo humano en el cual se hace un acercamiento al músculo de la pierna, en el cual se observan las arterias y capilares que llegan a las células musculares, con oxígeno para las células y a través de una serie de reacciones químicas se obtiene energía en moléculas de ATP. Después se menciona que en ocasiones no llega suficiente oxígeno a las células por lo que se pone en marcha la respiración celular anaerobia, donde la glucosa es desdoblada para producir ácido láctico y obtener energía ATP, en menor cantidad que cuando participa el oxígeno.

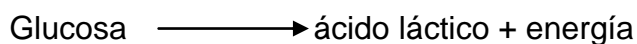
Esta actividad la tornaron difícil dos cuestiones: 1. El lenguaje, pues se utilizaron términos como ácido láctico, glucosa, respiración celular e intercambio gaseoso, entre otros. Si bien estos términos los han trabajado los alumnos en otros temas, en la actividad fue evidente que desconocían su significado; 2. Los diferentes niveles de explicación utilizados en el video (niveles organismo y nivel celular), por lo que los niños expresaban diversas confusiones: la respiración celular anaerobia como un intercambio de gases, la composición del ácido láctico por glucosa y células, entre otros.

En general, los alumnos no identificaron los elementos de este modelo (respiración celular anaerobia), en primera instancia porque no establecieron relación con el modelo que antes habían estado trabajando, es decir, no identificaron al ser vivo, el alimento ni el producto.

Sin embargo, los alumnos intentaron establecer un modelo distinto, considerando para ello ciertos elementos, los cuales se sistematizan en la tabla 11.

Tabla 11. Respuestas de las y los estudiantes al tratar de modelizar la información del video acerca de la respiración anaerobia en células musculares		
Modelo	Elementos	Porcentaje
a	Pulmones, respiración anaerobia, ácido láctico.	6/16
b	Respiración anaerobia, el dolor muscular y el ácido láctico.	5/16
c	Glucosa, ácido láctico, energía, célula.	3/16
	Sin una respuesta clara.	2/16

La tabla 11 muestra que los alumnos regresan al modelo inicial, es decir, el nivel pulmonar (6/16 y que sólo 3/16% de los alumnos integran elementos con los cuales se podría construir el modelo de la respiración celular anaerobia. Sin embargo, las relaciones que los alumnos establecen entre los elementos del modelo que proponen permiten vislumbrar que no tienen claro el modelo. Por ejemplo, un alumno que incluye los elementos del modelo “c” señala “la respiración anaerobia... sucede que al muchacho por correr mucho se le revolvió el estómago y ahora le duele”, aunque en su dibujo también escribe lo siguiente:



Como puede observarse, aunque parece correcta la simplificación de lo que sucede con la glucosa, cuando el alumno lo describe va en otro sentido. Este tipo de situaciones se presenta en todo el grupo, por lo que se supone que los alumnos, más que tratar de organizar la información en función de lo que se había estado trabajando, intentan repetir la información del video, y la superponen en sus ideas acerca de qué es la respiración. Así se aprecia en la figura 8.

ACTIVIDAD 10.

RMZ 7^o E^o

Elabora un dibujo, con base en el video 1, donde identifiques los elementos, las relaciones que tú crees se establecen entre ellos y el o los productos que se obtienen.



Figura 8. En el dibujo se aprecia que la alumna trata de relacionar el modelo de intercambio de gases con el modelo de respiración celular anaerobio, e incluso podría decirse que incursiona en el modelo de cambio químico.

En la figura 8 se observa que la alumna presenta el ácido láctico (producto vivo) = glucosa (producto complemento) = una pequeña liberación de energía (producto final). En este modelo el ácido láctico no es un ser vivo, es el producto de las células y, salvo por los iguales, podría pensarse que tiene la idea de que la respiración celular consiste en la obtención de energía a partir de la glucosa. Sin

embargo, esto es confuso. Desde mi perspectiva, la actividad tiene un alto nivel de complejidad y se requiere trabajar más en las actividades previas para introducir, poco a poco, los términos *ácido láctico*, *glucosa*, *respiración anaerobia* y *energía*.

Con un segundo instrumento (Anexo 11), se les solicitó a los alumnos la selección de un producto fermentado (con base en la lectura de un texto) y que trataran de explicar cuál proceso imaginaban que ocurría para obtenerlo. La idea era que intentaran modelizar el proceso de fermentación basándose en lo abordado en la estrategia didáctica desarrollada. Al respecto, algunos niños modelizaron el proceso en el cual identificaron al ser vivo, el alimento y el producto. Sin embargo, llama la atención que varios alumnos continúan señalando la fermentación como un proceso de descomposición del alimento, pero en el sentido de echarse a perder (Simonneaux, 2002), aun después de leer un texto (donde se destaca la importancia de los alimentos fermentados y su beneficio para la salud) y de lo trabajado en las clases.

También se presentó una situación hipotética (Anexo 12) acerca de unos jóvenes bailarines que practicaban sus rutinas durante varias horas –durante las cuales, presumiblemente, se presentaba la formación de ácido láctico en sus músculos–. Las respuestas que los alumnos dan al respecto, las sistematizamos en la tabla 12.

Tabla 12. Respuestas de las y los estudiantes a una situación hipotética cuya respuesta se relaciona con la respiración anaerobia en las células musculares		
Pregunta	Categoría	Porcentaje de respuesta
¿Qué te imaginas que le sucedería al cuerpo de los jóvenes si ensayaran sus rutinas por mucho tiempo?	Aumento del pulso y la respiración.	6/25
	Cansancio.	8/25
	Beneficios (movilidad, quemar calorías, mejorar el desempeño físico).	4/25
	Efectos en órganos y tejidos	3/25

	(corazón, aumento del ritmo; sangre).	
	Requieren más oxígeno.	1/25
	Respiración anaerobia.	3/25

La tabla 12 muestra que una buena parte del grupo refiere el aumento del pulso y la respiración (6/25) como las principales consecuencias de un ejercicio extenuante, sin establecer alguna relación con la respiración celular anaerobia. Sin embargo, una parte del grupo refiere (3/25) algún elemento de la respiración celular anaerobia; si bien en la mayoría de estos alumnos no hay una explicación completa acerca del mecanismo de la respiración celular anaerobia, es evidente que ellos y ellas se aproximan a la explicación microscópica del proceso. Algunas de las respuestas de los alumnos son:

- Se cansaran y les dolerán los músculos por el efecto del ácido lácteo.
- Les pasa que si no comen algo y ensayan mucho tiempo te duele todo el cuerpo, y cuando te duele el cuerpo ya no puedes caminar y le llega la respiración anaerobia.
- Están realizando una respiración anaerobia los músculos cuando no están acostumbrados o cuando te duele el musculo.
- Ácido láctico=glucosa=pequeña liberación de energía.

Ahora bien, en la figura 9 puede observarse que el número de estudiantes que logra construir los modelos Ib y II disminuye al compararlo con el modelo Ia. Este dato evidencia que si bien en un primer momento es adecuado explicar la transformación de la leche en yogur como un proceso de digestión de los *Lactobacilos sp.* (Modelo Ia), en momentos posteriores este modelo es insuficiente para dar cuenta del fenómeno de la fermentación y con ello de la respiración celular anaerobia, por lo que los alumnos construyen los modelos Ib y II.

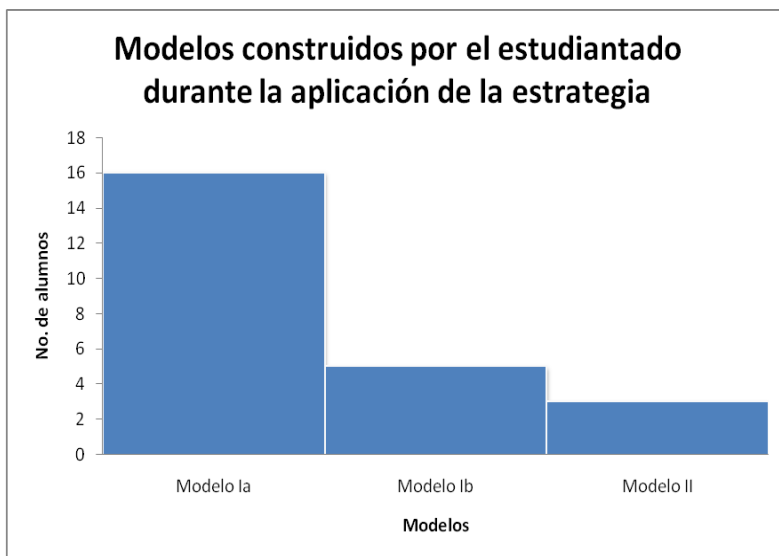


Figura 9. Modelos que construyó el alumnado durante la fase de desarrollo de la estrategia didáctica. Se destaca que la mayoría del grupo logra el Modelo Ia basado en la digestión de los *Lactobacilos sp.*

Ahora bien, si se comparan los avances logrados en los modelos Ia, Ib y II con respecto al modelo escolar posible –conformado como parte de los propósitos de la estrategia- didáctica puede advertirse que el estudiantado logra uno de los propósitos “identificar los *Lactobacilos sp.* como los responsables de la transformación de la leche en yogur”.

Esta conclusión es importante en dos sentidos: 1. La atribución de la transformación de la leche a un ser vivo, dado que Díaz, et al. (1994) reporta que la mayoría de los alumnos atribuye los cambios en los alimentos a factores físicos y químicos, y no así a seres vivos; 2. El hecho de considerar la transformación del alimento (leche) como un antecedente para la introducción del contenido (concepto, tema) *energía*, si ésta se entiende como la capacidad de los sistemas para generar transformaciones (Furió-Gómez, Solbes y Furió-Mas, 2007).

En lo referente a las otras ideas básicas del modelo escolar posible (identificar que algunos seres vivos respiran en ausencia de oxígeno e identificar la fermentación láctica como producto de la respiración anaerobia de cierto tipo de bacterias), no

se lograron debido a que es necesario trabajar modelos como el de ser vivo desde el modelo «ser vivo-célula» (Gómez, 2007). Ello se hace evidente porque los alumnos no identifican a las bacterias (*Lactobacilos sp.*) como individuos propios sino como fragmentos del búlgaro. Por tanto, denota la dificultad que enfrenta el estudiantado al no concebir la vida a escala microscópica dado que esta idea choca con su experiencia basada en el nivel macroscópico.

En cuanto al primer modelo, el de ser vivo, considero conveniente abordarlo desde la perspectiva que señala García (2005): como un sistema en el que se intercambia energía y materia con el ambiente (nutrición); que capta estímulos del medio y responde a ellos (relación); que proviene de otros seres vivos, puede reproducirse y heredar sus características a sus descendientes (reproducción), y que lo integran una o muchas unidades estructurales cuyas características son las mismas que el todo (células). Así, el modelo de respiración celular aerobia quedaría dentro de la función de nutrición y para comprenderlo se requerirían otros modelos provenientes de la física (difusión de gases) y la química (cambio químico y continuidad de la materia).

En síntesis, y de acuerdo con los datos reportados acerca de los modelos que han construido los educandos, se evidencia que tanto alumnas como alumnos plasman lo que han considerado relevante de sus observaciones a nivel macroscópico, lo cual confirma ciertas dificultades para explicar el fenómeno de la fermentación como un proceso de respiración celular anaerobia, que ocurre a nivel microscópico. Algunas de estas dificultades son:

- El paso del nivel macroscópico al nivel microscópico.
- Ignorar que las bacterias son seres vivos individuales y microscópicos y en consecuencia organismos que llevan a cabo la respiración, aunque esta se realiza a nivel celular en ausencia de oxígeno..

4.4 Análisis de la estrategia didáctica

Otro elemento que conviene analizar, dado que en cierta forma condiciona los logros de las y los estudiantes, es, precisamente, la estrategia didáctica en su conjunto; como forma de intervención pedagógica en el aula. Por tanto, su análisis se divide considerando tres apartados: el diseño, el desarrollo y los instrumentos empleados para recabar información. En cada uno se abordan elementos de reflexión y consideración para la implementación de estrategias didácticas basadas en la modelización.

Diseño

Para abordar el diseño de la estrategia didáctica es conveniente recordar que ésta se planificó considerando criterios teóricos (enfoque constructivista y modelización) y prácticos (tiempo y materiales).

Criterios teóricos

En cuanto a éstos, se seleccionó el fenómeno de la fermentación láctica para construir un modelo científico escolar intermedio de la respiración celular anaerobia; sin embargo, se consideró que este fenómeno no fue el más indicado, ya que no hay formación de CO_2 como producto de la respiración celular anaerobia, pues el ácido láctico retiene los tres carbonos del ácido pirúvico (primera fase de la respiración celular aerobia).

Sin embargo, algunos alumnos refieren la presencia de un gas (Modelo Ia en la fermentación láctica. Este elemento se soslayó en el diseño de la estrategia y hubiese permitido relacionar este hecho con el proceso de respiración celular aerobia. En este sentido, se revela la falta de un pilotaje completo de la estrategia didáctica con la intención de detectar puntos débiles o bien identificar elementos que pudieran ayudar a guiar el proceso de modelización hacia los propósitos planteados.

Asimismo, es conveniente clarificar las condiciones en las cuales se realiza el experimento; en la estrategia era fundamental que los alumnos identificaran que los dispositivos de fermentación se realizaron en ambientes de poco oxígeno, elemento esencial en la elaboración del modelo escolar de la fermentación. Sin embargo, como se observó en los modelos que construyeron los alumnos, esta condición no la refirieron, ya que sus observaciones están en función del producto –yogur, tepache y pan–, más que en las condiciones del sistema.

Justi (2006) señala que las actividades experimentales deben ayudar al alumnado a pensar y utilizar sus concepciones alternativas para resolver una situación cuya solución no es evidente, por lo que la experimentación es un elemento de investigación para el estudiante más que un ejemplo ilustrativo de un fenómeno. De acuerdo con la misma autora, la experimentación en el ámbito de la modelización provee a los educandos elementos que les ayudan a la elaboración, evaluación y revisión de sus modelos.

Con la intención de reforzar y complementar el modelo la que los alumnos elaboraron con base en la fermentación láctica, se presentaron cinco dispositivos experimentales en los cuales se fermentaban diversos alimentos: harina, azúcar, piloncillo y frutas (piña y manzana). Los procesos de fermentación referentes a las frutas presentaron dificultades en cuanto a la identificación del ser vivo y del alimento, pues se aducía que la piña o la manzana eran los elementos fermentadores, es decir, las frutas se consideraban como los seres vivos, a pesar de haber hecho observaciones de bacterias al microscopio.

Sin embargo, considero que estos dispositivos desviaron la atención de los alumnos y favorecieron la confusión. Si bien en la fermentación láctica era evidente la presencia de los búlgaros como seres vivos y elementos fermentadores, en los casos de la fermentación de la fruta no fue evidente que las bacterias la fermentaran la fruta, ya que no las adicionaron los alumnos, en consecuencia no podían tener idea de dónde provenían. Además, en estos

dispositivos se adicionaba azúcar, y los alumnos lo interpretaron como el alimento, puesto que en otros dispositivos el azúcar sí era el alimento (levadura, agua tibia y azúcar). Otro aspecto importante es que durante las observaciones al microscopio no se establecieron comparaciones con imágenes de los libros de texto –los cuales presentan imágenes idealizadas de células, bacterias y levaduras–, con la finalidad de que los alumnos identificaran las diferencias de las representaciones icónicas y sus propias observaciones con ayuda del microscopio, y así poder construir modelos más cercanos a los modelos científicos con base en representaciones personales y no tanto en imágenes esquemáticas que, según Rodríguez (2003), obstaculizan que los alumnos construyan modelos, ya que presentan prototipos de células que incorporan muchos elementos, los cuales no se podrían encontrar al mismo tiempo en una célula real.

Cabe señalar que abordar el contenido de respiración celular anaerobia requiere una serie de referentes conceptuales: qué son las bacterias, identificar el tipo de gas que se desprende durante la fermentación, identificar el ácido láctico, qué es la energía, qué es la glucosa y demostrar la falta de oxígeno en el proceso de fermentación. Además, es preciso mencionar que cada uno de estos elementos se encuentra en modelos de disciplinas como física, química y biología, lo cual en cierta forma permite visualizar el contenido como *integrador* y, a la vez, complejo y difícil de abordar en el nivel secundaria.

Esta situación se corroboró cuando los alumnos elaboraron el modelo II de la respiración celular anaerobia con base en la información de un video acerca de este tipo de respiración en células musculares, en el que se abordaron conceptos como célula, ácido láctico, energía y glucosa y relacionaron este proceso con el intercambio de gases a nivel pulmonar. Esto favoreció la confusión de los alumnos, por lo que se advirtió que antes de proyectar un video es conveniente trabajar con los alumnos -con base en la modelización- algunos de los conceptos que se tratarán en él, con la intención de favorecer la comprensión de la información y el enriquecimiento de los modelos.

Criterios prácticos

La estrategia se diseñó considerando sesiones de aproximadamente 50 minutos; sin embargo, debido a las normas de la escuela (entrada a los salones, desplazamientos al laboratorio y pase de lista) el tiempo neto de clase es menor, entre 40 y 30 minutos. Esta situación incidía en las sesiones, dado que a veces no se tuvo suficiente tiempo para terminar las actividades, sobre todo las sesiones de discusión y experimentación. En este sentido, es conveniente conocer cuáles son las normas y reglas en la escuela y luego organizar las sesiones.

Desarrollo

En este apartado se trata lo correspondiente a la puesta en práctica de la estrategia, y se destaca la interacción de la docente con el grupo de aplicación.

Considero buena la experiencia con los alumnos, en el sentido de que los alumnos pudieron construir algunos modelos escolares; sin embargo, se presentó una serie de situaciones que no se vislumbraron durante el diseño de la estrategia didáctica. Por ejemplo:

- Que los alumnos no estuvieran acostumbrados al trabajo en equipo. Este factor es importante, ya que varias de las actividades experimentales y de lápiz y papel estaban diseñadas para realizarlas en equipo (como parte del marco teórico de la estrategia didáctica). Es decir, los alumnos tenían que participar en las discusiones, argumentar sus respuestas, moderar las participaciones de los integrantes del equipo y escribir las respuestas consensadas en el instrumento ideado para ello.
- El rechazo a tomar la mano de su compañero o compañera para tomarle el pulso. Conviene explorar en el grupo los significados que le dan sus integrantes al contacto con sus compañeros, tal vez se sientan incómodos ante la situación y prefieran evitarla. Que el grupo manifestara que sí había

entendido las instrucciones y después cada alumno, por separado, preguntara cuál era su labor.

- La falta de respeto hacia los compañeros y las compañeras; la indisciplina en el laboratorio y el descuido hacia el material de laboratorio. Esta *situaciones* trasgreden las normas de convivencia en el aula y el laboratorio y, de acuerdo con Lozano (2007):

...parece ser que el alumno de este nivel se siente dominado, forzado a seguir ciertas reglas y pautas de comportamiento que no le son agradables y le llevan a sentirse incómodo y se diría enajenado a esta realidad que no ha construido y en la que no participa en su elaboración más que a través de sus actitudes de disidencia que desafían este ritualismo escolar moderno”.

- La discriminación que ejerce el grupo al negarse a colaborar con ciertos estudiantes, argumentando que éstos no trabajan. Esta situación daña el aspecto afectivo de los adolescentes al sentir que sus compañeros de grupo los menosprecian.
- Las actitudes de rechazo o desagrado hacia el trabajo con los búlgaros, tibicos y levaduras, argumentando que olían feo y que su apariencia era desagradable (lo comentaron algunas niñas y niños y varios de ellos lo escribieron como parte de las características de los búlgaros).

La combinación de esto imprevistos me desconcertaba y desanimaba, lo que me llevó a reflexionar en que como docentes no nos preparamos para encontrarnos con los alumnos. En el encuentro alumnos-maestro se revela lo que somos como personas; es difícil trabajar con personalidades diversas, de distintas formas de pensar, de ver las cosas, de historias diferentes. Esta situación es algo que desde la enseñanza de la ciencias no abordamos como tal, si bien pareciera estar implícito.

Instrumentos para recabar información

El pilotaje de los instrumentos es necesario para detectar posibles fallas, por ejemplo: en el Anexo 1, la pregunta 5: “¿Conoces algún ser vivo que pueda realizar la respiración sin oxígeno? SÍ o NO, si tu respuesta es NO, ¿Por qué lo consideras así?” En esta pregunta faltó preguntar el nombre del ser vivo que puede realizar la respiración sin oxígeno. Aunque algunos si lo señalaron, varios alumnos no lo hicieron.

En el Anexo 3, acerca del recorrido del oxígeno por el cuerpo humano, faltó aclararles a los alumnos que dibujaran los órganos por los que pasa el oxígeno. La falta de esta indicación favoreció que los alumnos dibujaran una maraña de líneas que ejemplificaban el recorrido del oxígeno en el cuerpo, que si bien parece ajustarse al conocimiento científico, en cuanto se les pide a los alumnos que dibujen los órganos por los cuales pasa el oxígeno, estos dibujos se limitan a los pulmones, tráquea y bronquiolos, y sólo una alumna estableció la relación entre los sistemas respiratorio y digestivo.

Otro instrumento con deficiencias está en el Anexo 9, la pregunta era imprecisa para los alumnos. La pregunta es: “¿Qué te imaginas que hace el elemento fermentador de la mezcla al resto de los elementos?” La pregunta es vaga y considero que debería haberse especificado en cuanto al dispositivo o situación que los alumnos trabajaron para que tuviera sentido. Por ejemplo, en el caso de la fermentación de la levadura, la pregunta quedaría así: ¿Qué te imaginas que hace la levadura con el azúcar y el agua?

Conclusiones

Con base en el análisis de resultados y el propósito general de la estrategia didáctica “Diseñar, desarrollar y evaluar una estrategia didáctica fundamentada en la modelización para favorecer, en alumnos de primero de secundaria, la construcción de un modelo intermedio de respiración celular anaerobia utilizando el fenómeno de la fermentación láctica”, puede concluirse dos cuestiones generales: 1. No se logró del todo el modelo escolar de fermentación propuesto en la estrategia y . 2. Se presentan dificultades en términos de la escala de observación y explicación que involucra el proceso de la fermentación.

En cuanto a que no se logró del todo el modelo escolar de la fermentación , se considera que sólo pudo alcanzarse una de las tres ideas básicas que lo constituían. Esta idea consiste en que las y los estudiantes “Identifican los *Lactobacilos sp.* como los responsables de la transformación de la leche en yogur”. De ello da cuenta el Modelo Ia, en el cual los alumnos identifican que el yogur es producto de la digestión del búlgaro. En el Modelo Ib, los escolares incorporan, además de la digestión, la descomposición del alimento y la condición de un medio acuoso para que ocurra el respectivo proceso de transformación. Conviene señalar que en este modelo (Ib) la base es la misma que en el modelo Ia, es decir, el proceso de digestión de las bacterias. En el Modelo II, algunos alumnos logran una aproximación al nivel celular y tratan de establecer algunas relaciones, las cuales no quedan del todo claras.

En un primer momento el modelo que alcanzaron por los alumnos se centra en el proceso de digestión de los microorganismos (bacterias y levaduras), por lo que es necesario ampliar el modelo incluyendo las excreciones y a partir de éstas ir estableciendo relaciones con el proceso de respiración a nivel celular. Ello podría ayudar en la construcción de un modelo escolar basado en el proceso de nutrición,

en el cual el ser vivo intercambia energía y materia con su ambiente, modificándolo como resultado de esta interacción (García, 2005).

Las otras dos ideas del modelo escolar propuesto para la fermentación – “Identifican que algunos seres vivos respiran en ausencia de oxígeno” e “Identifican a la fermentación láctica como producto de la respiración en ausencia de oxígeno de cierto tipo de bacterias”– no se alcanzaron, pues para ello es necesario trabajar con los alumnos el modelo «ser vivo –célula» debido a que los alumnos presentan dificultades para concebir que las bacterias son organismos individuales y que a esa escala microscópica llevan a cabo las funciones de nutrición, respiración y relación.

Es importante mencionar que a partir de la construcción de los modelos escolares, se favoreció la conversación en el aula entre los alumnos. Esto permitió destacar los procesos que realizan los microorganismos y cómo éstos transforman el ambiente donde viven. Sin embargo, cabe mencionar que la mayoría de los escolares refiere transformaciones a nivel macroscópico y no logra relacionarlas con lo que sucede a nivel microscópico.

Esta discordancia tal vez se debió a que los y las docentes no explicitamos los cambios de niveles, es decir, del nivel macroscópico al microscópico, pues suponemos que los alumnos al observar organismos al microscopio, como bacterias y levaduras, automáticamente establecen las relaciones y el cambio de nivel, lo cual no es así. Por tanto, es necesario que en la planificación de nuestras estrategias incorporemos actividades que tiendan hacia una visión de escalas de organización, las cuales además estén interrelacionadas con el propósito de generar explicaciones causales, es decir, que mediante explicaciones a nivel microscópico los alumnos puedan, también, explicar las transformaciones que se dan a nivel macroscópico.

Asimismo, nos percatamos que modelizar el fenómeno de la fermentación láctica con miras a establecer relaciones con la respiración celular anaerobia no es lo más adecuado, dado que es factible incurrir en problemas conceptuales, ya que durante este proceso no hay producción de CO₂, elemento que podría favorecer la conexión con el proceso de respiración celular aerobia y posteriormente con de respiración celular anaerobia.

Si bien a lo largo de la estrategia didáctica se buscó que las alumnas y los alumnos trabajaran en equipo, conviene mencionar que en varias ocasiones este sistema de trabajo se dificultó, pues los escolares no sabían cómo organizarse ni quién realizaría determinadas acciones; sin embargo, los alumnos poco a poco fueron tomando diferentes roles, es factibles suponer que con base en sus preferencias particulares, como: realizar el experimento, preparar las muestras para la observación al microscopio y ajustar éste para la observación de las preparaciones, aun así, no todos los alumnos participaban. Por esta razón, los docentes necesitamos trabajar estrategias para la integración del equipo y la realización del trabajo, dado que a partir del dialogo de saberes y la responsabilidad compartida será como se construya el conocimiento acerca de un determinado fenómeno.

A partir de la modelización que realizaron los alumnos acerca del fenómeno de fermentación pudieron identificarse algunos obstáculos para el aprendizaje del contenido, por ejemplo: la dificultad del paso del nivel macroscópico al microscópico; la consolidación de un modelo de ser vivo, donde organismos microscópicos como las bacterias sean considerados; y desconocimiento de explicaciones a nivel molecular del proceso de respiración celular.

Consideraciones finales

Mediante la estrategia didáctica se pretendió ofrecer una propuesta de trabajo acerca del tratamiento de contenidos referentes al nivel microscópico, y al mismo tiempo sustentar teóricamente dicho quehacer. En este sentido, el diseño, desarrollo y evaluación de la estrategia didáctica permitió reflexionar acerca de varios aspectos. Por un lado, en la pertinencia de abordar temáticas como la respiración celular anaerobia en el nivel secundaria, así como de recapacitar en que este tipo de contenidos biológicos requieren de otros modelos, procedentes de la química y la física, por lo que es necesario repensar si es conveniente que la asignatura de biología se curse en primer grado o tal vez en tercero del nivel de secundaria. Esto dependerá de los contenidos y el grado de profundización que se quiere lograr en el estudio de los temas biológicos. Y por otro, convendría preguntarnos, ¿qué se busca lograr desde el programa de estudio con el abordaje de contenidos con tal nivel de abstracción?

Esta pregunta nos lleva a cuestionarnos acerca de la concepción de aprendizaje que se quiere favorecer en la escuela secundaria, ya que como se reporta en la investigación en enseñanza de las ciencias (Tamayo, et al., 2008; Tamayo, 2003; Núñez y Banet, 1996; Seymor, & Longden, 1991; Díaz, et al., 1994; Mondelo, et al., 1994; Stavy, et al., 1987), el contenido de respiración celular resulta difícil de comprender para los alumnos de diferentes niveles (secundaria, bachillerato e incluso universitario), en el entendido de que se desea que los alumnos lo construyan. Si por el contrario se considera que el aprendizaje es la repetición de información, del libro o del maestro, o bien se quiere entonces la modelización no es la forma adecuada.

Sin embargo, en mi opinión la modelización que realizaron los escolares apunta hacia la construcción de un modelo escolar de respiración que atienda el nivel

celular y continúe rumbo a la construcción de un modelo molecular de la respiración celular aerobia, y dentro de ésta un submodelo que refiera a la respiración celular anaerobia, que sin ser el modelo de la ciencia erudita tienda hacia él.

De igual forma considero que el tratamiento del proceso de respiración debe abordarse junto con la nutrición, dado que para explicar los intercambios de materia y energía en los seres vivos se hace necesario abordar estos procesos que se encuentran muy relacionados.

También considero que a partir de la modelización de los fenómenos es posible que las y los estudiantes desarrollen habilidades cognitivas (identificación, descripción y análisis entre otras), de procedimiento (comparación y observación), y actitudes (responsabilidad, apertura a nuevas ideas, crítica) semejantes a las que desarrollan y practican los científicos, aunque en contextos diferentes. Con ello se busca aportar a los escolares una serie de herramientas que les permitan pensar teóricamente acerca de los fenómenos y tomar decisiones, tanto en el ámbito personal como en el social.

Ahora bien, la complejidad en la toma de decisiones con respecto a la enseñanza no permite el planteamiento de recetas únicas, por lo que el papel del docente, desde la modelización, implica cambiar su visión acerca de la enseñanza de las ciencias. Por una, en la que se parta del diseño de estrategias de intervención fundamentadas en la investigación educativa. Ello favorecerá la actividad profesional del docente, ya que no se limitará a seguir técnicas, sino a desplegar estrategias de intervención cuyo propósito sea que el alumnado construya el conocimiento. Esto involucraría la consideración de las concepciones alternativas de los alumnos acerca de los fenómenos que se estudiarían, el diseño, el desarrollo y la evaluación de estrategias didácticas en las que el libro de texto no sea el que guíe el proceso de enseñanza, sino un recurso más de información, y

gestionar el diálogo de saberes en el aula, donde se ceda el protagonismo a quien aprende, el alumno.

Referencias

- Campbell, N., Mitchell, L. y Reece, J. (2001). *Biology: concepts and connections*. San Francisco: Addison Wesley Longman, Inc. Third Ed. v.e. Campbell, N., Mitchell, L. y Reece, J. (2001). *Biología. Conceptos y relaciones*. México: Pearson/Educación. Tercera ed.
- Candela, A. (2006). Del conocimiento extraescolar al conocimiento científico escolar: un estudio etnográfico en aulas de la escuela primaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11 (30), 797-820.
- Cañal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21 (4), 363-371.
- Chadwick, C. (2001). La psicología de aprendizaje del enfoque constructivista. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 31 (4), 111-126
- Charrier, M., Cañal, P., Rodrigo, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (3), 401-410.
- Díaz, R., López, R., García, A., Abuín, G., Nogueira, E. y Gandoy, J. (1996). ¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos? *Enseñanza de las ciencias*, 14 (2), 143-153.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press; v.e Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A.

(1989) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. (4ª ed. en español; Pablo Manzano, Trad.). Madrid: Morata.

Driver, R. y Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*. 13,105-122; v.e. Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. y Wood-Robinson, V. (2000). *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*. México: SEP/VISOR.

Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejora la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11 (30), 741-770.

Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

Ernest, P. (1995). The one and the many. In L. P. Steffe and J. Gale (Eds.), *Constructivism in Education*. NJ: Lawrence Erlbaum, 459-486.

Ferreiro, E. (2000). *Vigencia de Jean Piaget* (2ª. ed. en español). México: Siglo XXI.

Flores, F., Tovar, M. y Gallegos, L. (2001). ¿Qué representación de la célula tienen los estudiantes? *Correo del Maestro*. Colección Antes del aula. 60. en <http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2001/mayo/celula.htm>

- Furió-Gómez, Solbes, J. y C. Furió-Más, (2007). Historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Rev. Eureka Ensen. Divul. Cien.*, 4 (3), 461-475.
- García, P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. VII Congreso. 1-6.
- García, P. y Sanmartí, N. (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En: M. Quintanilla y A. Adúriz-Bravo. *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. (279-295) Santiago de Chile: Ed. Universidad Católica de Chile.
- Gallegos, L. y Flores, F. (2003). Concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía de la enseñanza de la ciencia. López-Mota, A (Coord.). *Saberes científicos, humanísticos y tecnológicos: procesos de enseñanza y aprendizaje*. México: COMIE/SEP/CESU, Vol. 1, 457-507.
- Giere, R. (1999). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, 9-13.
- Giere, R. (1999). -Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, 63-70.
- Gómez, A. (2006). El modelo cognitivo de ciencia y la ciencia escolar como una actividad de formación. *Configuraciones formativas I. El estallido del concepto de formación*. 139-156.
- Gómez, A. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (3), 325-340.

- Gómez, A. (2008). Las concepciones alternativas, el cambio conceptual y los modelos explicativos de los alumnos. En: C. Merino, A. Gómez, y A. Adúriz-Bravo (Coord.) (2008). *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 13-32.
- Gutiérrez, R. (1999). La causalidad en los razonamientos espontáneos. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, 71-76.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999a). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (1), 45-59.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, P., Pujol, R. y Sanmartí, N. (1999b). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, 79-91.
- Izquierdo, M. (2004) citado por Gómez, A. (2008). Las concepciones alternativas, el cambio conceptual y los modelos explicativos de los alumnos. En: *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), 111-122.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de la ciencia basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(3), 173-184.
- Lemke (1995) citado por López, A. (2003). El currículo como proceso. En: *Saberes científicos, humanísticos y tecnológicos: procesos de enseñanza y aprendizaje*, 3 (pp. 397-455), México: COMIE/SEP/CESU.

- Lemke (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- López-Mota, A. (2002). *Reporte de una Estrategia Pedagógica*. Documento interno de trabajo, grupo de investigación sobre ideas previas UNAM- UPN. <http://ihm.ccadet.unam.mx/ideasprevias/estrategia.htm>
- Lozano, J. (2007). La disciplina en la escuela secundaria: significado alumnos en riesgo de exclusión. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 3 (7), 1-20.
- Mondelo, A., García, S. y Martínez, C. (1994). Materia inerte/Materia viva. ¿Tienen ambas la misma constitución atómica? *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 226-233.
- Núñez, F. y Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, circulación y respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 261-278.
- Pérez, R. (1990). *¿Existe el método científico?* México: FCE. Col. La Ciencia para todos.
- Pozo, I. y Gómez, M. (2006), *Aprender y enseñar ciencia* (5ª ed.). Madrid: Morata.
- Ramos, L. y Espinet, M. (2008). Utilizar las narrativas en el trabajo experimental. En: C. Merino, A. Gómez, y A. Adúriz-Bravo (Coord.) (2008). *Área y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Barcelonan: Universidad Autónoma de Barcelona, 197-209.

- Rockwell, E. (1995). I. De huellas, bardas y veredas: una historia cotidiana en la escuela. En: Rockwell, E. (Coord.). *La escuela cotidiana*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Sanmartí e Izquierdo (1997) citado por Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 17(1), 45-59.
- Sanmartí, N., Márquez. C. y García, P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 113-114, 8-14.
- Sanmartí, N. (2004). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Barcelona: Síntesis.
- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas clave. Evaluar para aprender*. Barcelona: Grao. Serie Didáctica/Diseño Curricular. Colección ideas Claves. Secretaría de Educación Pública (2006). *Educación Básica. Secundaria. Ciencias. Programas de estudio 2006*. México: SEP.
- Simonneaux, L. (2000). A study of pupil's conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology education. *International Journal of Science Education*, 22(6), 619-644.
- Stavy, R., Eisen, Y. & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105-115.
- Seymor, J. and Longden, B. (1991). Respiration –that's breathing isn't it? *Journal of Biological Education*, 25(3), 177-183.
- Schutz, A. (1990). *El problema de la realidad social*, Buenos Aires, Amorrortu.

- Tamayo, O. (2001). *Evolución Conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Tamayo, O. y Sanmartí, N. (2003). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales. Niñez y Juventud*, 1(1). Colombia: Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano-CINDE-Universidad de Manizales. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/colombia/cinde/revis1/07.pdf>
- Tamayo, O. y Sanmartí, N. (2007). High-school Students' Conceptual Evolution of the Respiration Concept from the Perspective of Giere's Cognitive Science Model. *International Journal of Science Education*, 29(2,5), 215-248.
- Tamayo, O., Orrego, M., Dávila, A. (2008). Modelos explicativos del concepto de respiración. *Memorias CIIEC 2008*, 2(3), 50-63.
- Wersch, J. (1988). *Vygostky y la formación social de la mente*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Zambrano, A. (2009). Las teorías pedagógicas, los modelos pedagógicos, los modelos disciplinares y los modelos didácticos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Instituto de Educación y Pedagogía/Universidad del Valle. Catedra/ICFES Agustín Nieto Caballero Educación en Ciencias.

Anexos

Anexo 1

Cuestionario para detectar algunas ideas previas acerca de la respiración en general y de la respiración anaerobia

Contesta o bien subraya lo que se solicita.

1. ¿Qué contiene el aire que respiramos? Subraya la respuesta que te parezca más correcta.

- a) Sólo aire
- b) Oxígeno y dióxido de carbono
- c) Nitrógeno, oxígeno y microorganismos
- d) Aire, nitrógeno, polvo, microorganismos

2. ¿Qué otras sustancias crees que están contenidas en el aire que respiramos?

3. ¿Qué sustancias expulsamos de nuestro cuerpo cuando respiramos? Señala por lo menos dos sustancias.

4. ¿Para qué utilizamos el oxígeno que respiramos?

5. ¿Conoces algún ser vivo que pueda realizar la respiración sin oxígeno? SI • NO. Si tu respuesta es NO, ¿por qué lo consideras así?

6. Subraya las situaciones con las que tú creas que se relaciona la palabra fermentación.

- a) Fractura de huesos
- b) Elaboración de pan
- c) Crecimiento de plantas
- d) Elaboración de yogur
- e) Infección de heridas
- f) Producción de cerveza
- g) Otro que tu consideres _____

De las situaciones que escogiste, selecciona una y explica por qué la relacionas con la palabra fermentación.

Gracias

Anexo 2

Actividad 2

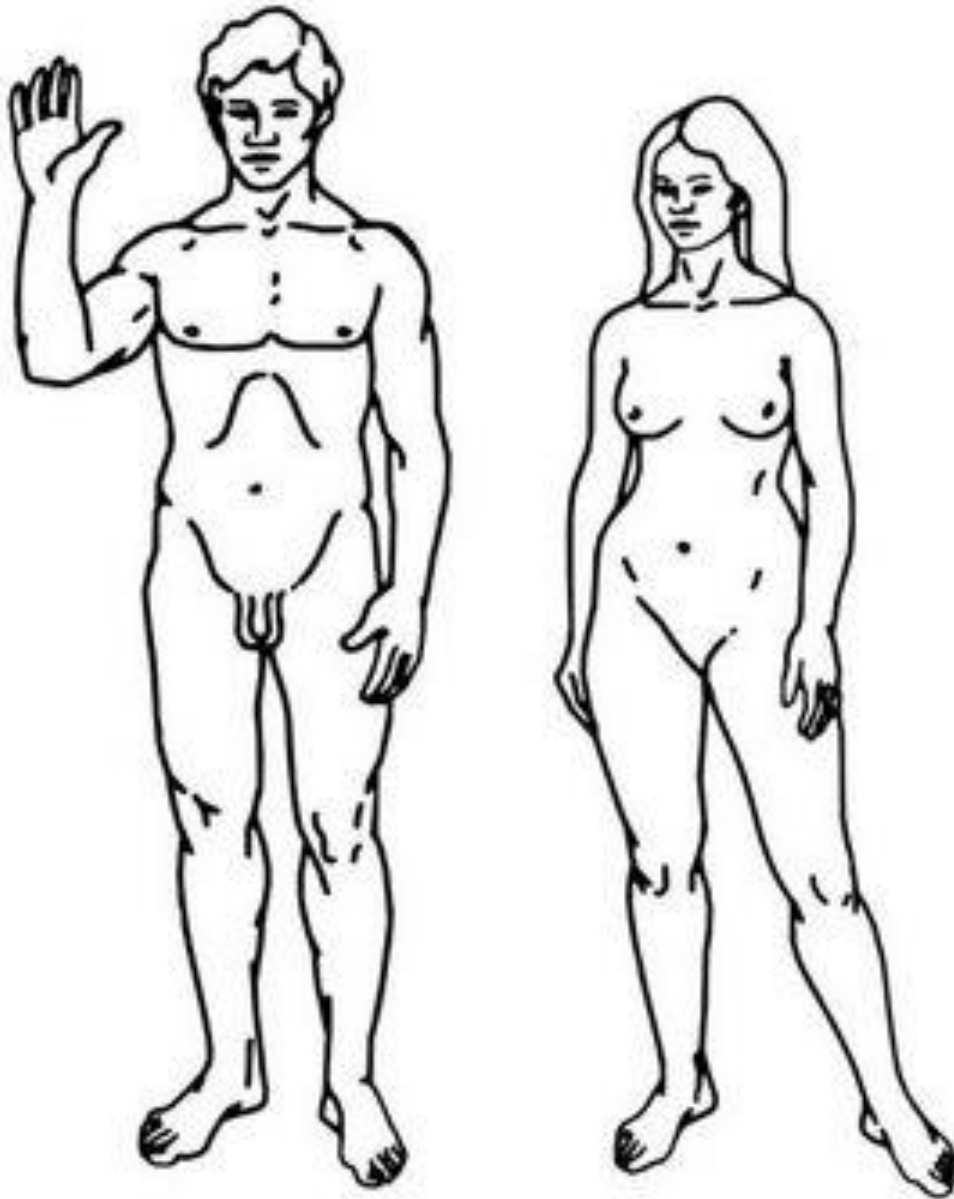
Registro de datos 1

Alumno	Frecuencia respiratoria inicial (FR₀)	Frecuencia respiratoria final (FR₁)	Pulso sanguíneo inicial (T₀)	Pulso sanguíneo final (T₁)
1				
2				
3				
4				

Anexo 3

Actividad 3

Dibuja el camino que sigue el aire en el cuerpo humano cuando respiramos.



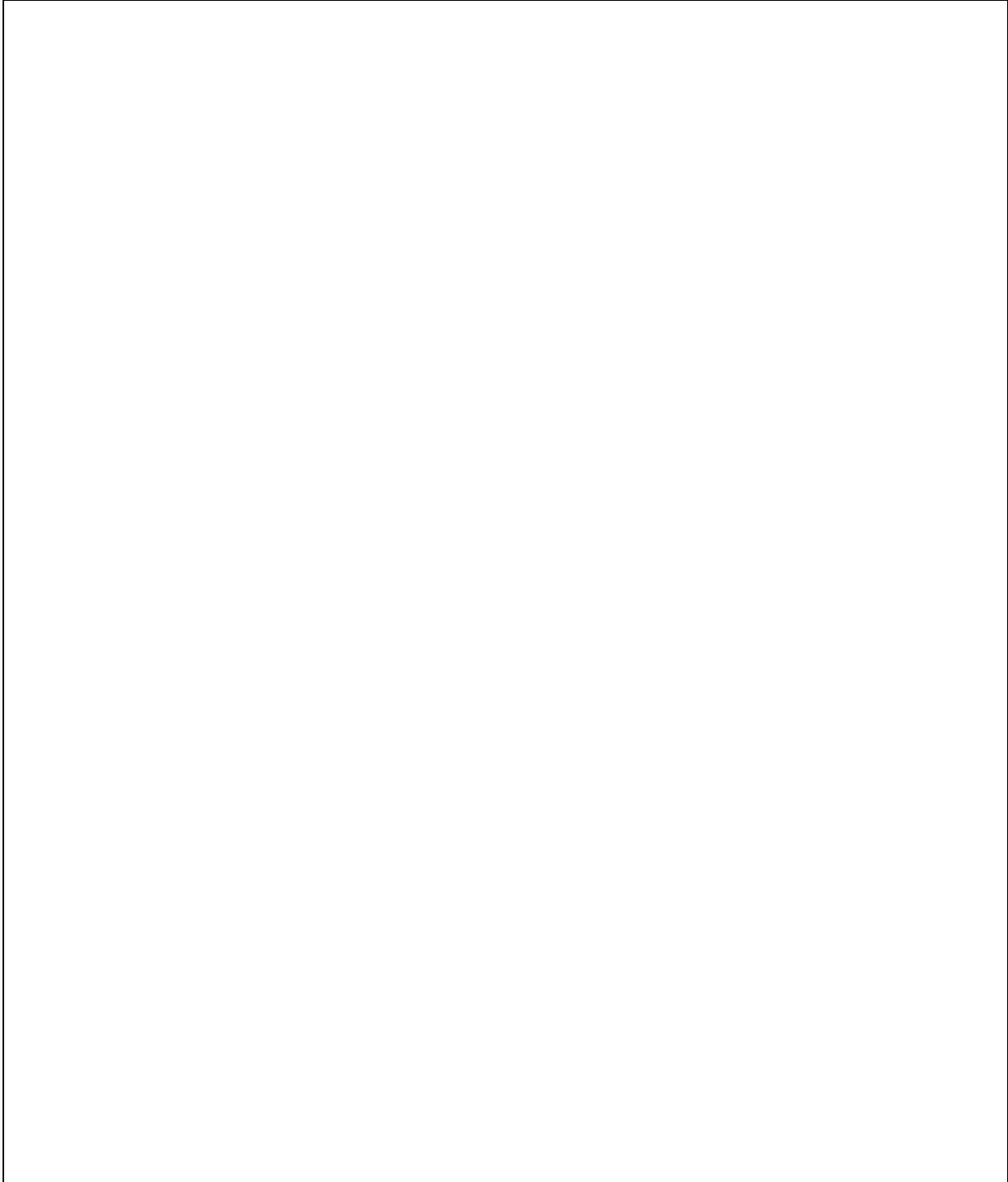
Anexo 4

Actividades 4, 6 y 7

Escribe en las columnas lo que se solicita.

Características de la leche	Características de los búlgaros
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p data-bbox="228 1058 1382 1163">Características del producto que se obtiene de combinar la leche con los búlgaros</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

¿Qué crees que le sucedió a la leche una vez que entró en contacto con los búlgaros? Dibújalo y utiliza colores de acuerdo con tu observación.



Anexo 5

Actividad 8

Escribe en las columnas lo que se solicita.

Dispositivo 1. Harina, levadura, agua

Elementos a combinar y características de los mismos	Características del producto
Harina <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Levadura <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Agua <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Escribe en las columnas lo que se solicita.

Dispositivo 2. Piña, azúcar, agua

Elementos a combinar y características de los mismos	Características del producto
Piña <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Azúcar <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Agua <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Escribe en las columnas lo que se solicita.

Dispositivo 3. Azúcar, levadura y agua (tibia)

Elementos a combinar y características de los mismos	Características del producto
Azúcar <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Levadura <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Agua <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Escribe en las columnas lo que se solicita.

Dispositivo 4. Azúcar, tibicos y agua

Elementos a combinar características de los mismos	Características del producto
Azúcar <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Tibicos <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Agua <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Escribe en las columnas lo que se solicita.

Dispositivo 5. Manzana, agua y azúcar

Elementos a combinar y características de los mismos	Características del producto
Manzana <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Azúcar <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Agua <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Anexo 6

Actividad 9

Elaboración de una tabla comparativa entre los dispositivos.

Dispositivo	Elementos a combinar	Productos
1 <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>
2 <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>
3 <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>
4 <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>
5 <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>

Anexo 7

Actividad 10

Contesta en equipo las siguientes preguntas:

¿Los resultados son los mismos en cada dispositivo? Sí • No • ¿Por qué?

¿En qué son diferentes? ¿En qué son semejantes?

¿Podríamos relacionar lo ocurrido con la leche y los búlgaros con los dispositivos presentados? Sí • No • ¿Por qué?

¿Cuál es el elemento fundamental, en el dispositivo, que se parece al caso de los búlgaros y la leche?

¿Recuerdas que en el caso del yogur los búlgaros realizaban la fermentación?, y en tu dispositivo, ¿qué elemento realiza este proceso?

Anexo 8

Actividad 10

Realiza lo siguiente.

¿Qué te imaginas que hace el elemento fermentador de la mezcla al resto de los elementos? Representalo a través de un esquema.



Anexo 9

Actividad 10

¿Cuáles serían las limitaciones que tiene el modelo planteado para la fermentación?, es decir, ¿bajo qué circunstancias el modelo no podría explicar el fenómeno de la fermentación?

Anexo 10

Actividad 11

Elabora un dibujo, con base en el video 1, donde identifiques los elementos, las relaciones que tú crees que se establecen entre ellos y el o los productos que se obtienen.

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for the student to draw their response to the activity. The box is currently blank.

Anexo 11

Actividad 12

Alimentos fermentados

Thelma Alcántara A.

Diariamente consumimos una gran cantidad de alimentos fermentados, aunque tal vez no estamos muy conscientes de su cantidad y variedad. Entre los alimentos fermentados más comunes tenemos, por ejemplo:

						
la cerveza	el vino	la soya	el vinagre	los quesos	el yogurt	el pan

Estos alimentos fermentados se preparan desde hace milenios. Muchos de estos procesos de fermentación se han tecnificado, y en la actualidad poderosas empresas los controlan por medio de la ingeniería bioquímica y frecuentemente usan microbios mejorados genéticamente. Aunque hay procesos de fermentación, que ya son muy bien conocidos y por lo mismo estos alimentos se consumen en todo el mundo, también hay muchísimas fermentaciones que son tradicionales y se producen de manera casera.

.Su elaboración se da especialmente en ciertas regiones, por lo que es muy común que fuera de su lugar de origen no se conozcan y por lo tanto no se consuman. Muchos grupos étnicos de diversas partes del mundo han encontrado en los alimentos fermentados no solamente una fuente de nutrientes, sino también elementos propios de su cultura.

Es tan vieja la relación entre el hombre y los alimentos fermentados, que muchas veces se ha perdido ya la cuenta de este feliz encuentro. Uno de los alimentos fermentados más antiguos que se conoce es el vino de miel, la primera bebida alcohólica de la que se tiene conocimiento, y data de tiempos prehistóricos. El vino de miel es elaborado por la fermentación espontánea de los azúcares de la miel de la abeja, así como los vinos de frutas que fueron descubiertos cuando el hombre recolectó frutos y bayas en recipientes cerrados.

De acuerdo con los registros arqueológicos, otro de los productos más antiguos es el chu, originario de China, que eran granos enmohecidos empleados para elaborar diversas bebidas alcohólicas.

Cuando un alimento es fermentado nos ofrece las siguientes ventajas:

- Se eliminan sabores y texturas desagradables.
- Hay una reducción considerable en el tiempo de cocción, y por lo tanto ahorro de energía.
- Los productos son más digeribles.
- Hay un incremento en el contenido de vitaminas del complejo B.

- Inhibición del desarrollo de microorganismos patógenos y de la producción de toxinas.
- Aumenta considerablemente el tiempo de conservación del alimento.

<http://sepiensa.org.mx/contenidos/fermentaciones/alimentos/fermenta2.htm>

De acuerdo con la información y con base en lo que tú sabes acerca de la fermentación. Selecciona uno de los alimentos fermentados y explica el proceso que tú consideras que se lleva a cabo para la elaboración del mismo.

Anexo 12

Actividad 12

¿Qué te imaginas que le sucedería al cuerpo de estos jóvenes si ensayaran sus rutinas por mucho tiempo? Explica tu respuesta considerando lo que has revisado a lo largo de las sesiones de trabajo.